

Lypsylehmien sorkkasairauksien perinnölliset tunnusluvut

Minna Laakso
kotieläinten jalostustieteen
pro gradu -työ 2006

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Kotieläintieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author Minna Laakso			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lypsylehmien sorkkasairauksien perinnölliset tunnusluvut			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Pro gradu -tutkielma		Aika — Datum — Month and year Tammikuu 2006	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 35
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Sorkkasairaudet ovat kasvava ongelma lypsykarjatiljoilla. Sorkka- ja jalkaviat aiheuttavat ennenaikaisten poistojen lisäksi taloudellisia tappioita alentamalla maitotuotosta ja lisäämällä eläinlääkintä- ja sorkkahoitokuluja. Tämän työn tavoitteena oli tutkia sorkkasairauksien periytyvyyttä ja sorkkasairauksiin vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Tutkimusaineisto saatiin Terveet Sorkat -ohjelmasta, johon liittyminen on vapaaehtoista. Sorkkahoitajat olivat luokitelleet sorkkasairaudet vuosina 2003–2004. Sorkkasairaudet (vertymät anturassa, krooninen sorkkakuume, valkoviiivan repeämä, anturahaavauma, sorkkavälin ihotulehdus, kantasyöpymä, sorkka-alueen ihotulehdus, sorkkakiertymä ja muut sorkkasairaudet) oli luokiteltu aineistossa kaksiluokkaisina (kyllä/ei) ominaisuuksina.</p> <p>Aineiston esikäsittelyyn, alustaviin analyyseihin ja kiinteiden tekijöiden tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen F-testillä käytettiin WSYS-ohjelmistoa. Lisäksi kiinteiden tekijöiden merkitsevyyttä testattiin logit-mallilla SAS-ohjelmistolla. Varianssikomponentit laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML)-menetelmällä VCE4-ohjelmistolla.</p> <p>Toistuvuuseläinmallilla saatiin seuraavia periytymisasteiden arvioita: vertymät anturassa 0,05, valkoviiivan repeämä 0,04, sorkkakiertymä 0,05, kantasyöpymä 0,01, anturahaavauma 0,03 ja sorkkasairaudet yhtenä ominaisuutena 0,06. Sorkkasairauksien periytymisasteiden arviot muutettuna sorkkasairausalttiuksien periytymisasteiden arvioiksi olivat: vertymät anturassa 0,11, valkoviiivan repeämä 0,12, sorkkakiertymä 0,15, kantasyöpymä 0,03, anturahaavauma 0,17 ja sorkkasairaudet yhtenä ominaisuutena 0,09.</p> <p>Sorkkasairauksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia lukuun ottamatta valkoviiivan repeämän ja kantasyöpymän välistä geneettistä korrelaatiota, joka oli lievästi negatiivinen. Sorkkasairauksien korrelaatiot 305 päivän maitotuotokseen olivat -0,20–0,27.</p> <p>Tämän tutkimuksen ja aiempien tutkimusten perusteella perimän osuus sorkkasairauksiin ei ole kovin suuri. Koska ympäristötekijöillä on suuri merkitys sorkkasairauksien esiintymiseen, sorkkasairauksien ennaltaehkäisyssä tulisi kiinnittää erityistä huomiota navetan olosuhteisiin, säännölliseen sorkkahoitoon ja oikeaan ruokintaan.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords lypsykarja, sorkkaviat, sorkkahoito, periytymisaste, geneettiset korrelaatiot			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Kotieläintieteen laitos			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			

Sisällys

1. Johdanto	1
1.1 Sorkkasairaudet	1
Sorkkakuume ja vertymät anturassa	1
Sorkkavälin ihotulehdus	1
Sorkka-alueen ihotulehdus	2
Kantasyöpymä	2
Anturahaavauma	2
Valkoviivan repeämä	2
Kierresorkka	3
1.2 Sorkkasairauksiin vaikuttavat ympäristötekijät	3
Navetta- ja ulkoilu ympäristö	3
Sairaudet ja ruokinta	3
Lypsykaudenvaihe ja tuotostaso	4
Sorkkahoito	4
Rotu	4
1.3 Periytymisasteiden arviot	4
1.4 Tutkimuksen tavoite	6
2. Aineisto ja menetelmät	6
2.1 Aineiston kuvaus	6
Tutkittavat ominaisuudet	8
2.2 Kiinteiden tekijöiden luokittelu	8
2.3 Tutkimusmenetelmät	10
2.4 Tilastolliset mallit	10
3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	12
3.1 Sorkkasairauksien yleisyys	12
3.2 Kiinteiden tekijöiden vaikutus tutkittaviin ominaisuuksiin	16
3.3 Periytymisasteiden ja toistumiskertoimien arviot	21
3.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot	24
Sorkkasairauksien väliset korrelaatiot	24
Sorkkasairauksien korrelaatiot maitotuotokseen	26
4. Yhteenveto ja johtopäätökset	27
Kiitokset	31
Kirjallisuus	32

Taulukot

TAULUKKO 1. SORKKASAIRAUKSIEN PERIITYMISASTEIDEN ARVIOITA.....	5
TAULUKKO 2. KIINTEIDEN TEKIJÖIDEN LUOKITTELU.	9
TAULUKKO 3. SORKKASAIRAUKSIEN YLEISYYS.	13
TAULUKKO 4. KIINTEIDEN TEKIJÖIDEN TILASTOLLISET MERKITSEVYYDET LINEAARISEEN LS-MALLIIN SEKÄ EPÄLINEAARISEEN LOGIT-MALLIIN PERUSTUEN SEKÄ LS-MALLIEN SELITYSASTEET.....	16
TAULUKKO 5. KIINTEIDEN TEKIJÖIDEN MERKITYS YLEISIMPIEN SORKKASAIRAUKSIEN ILMENEMISEEN. POIKKEAMAT ON ESITETTY PROSENTTIYKSIKKÖINÄ VERRATTUNA VERTAILULUOKKAAN.	18
TAULUKKO 6. SORKKASAIRAUKSIEN FENOTYYPPISET VARIANSSIKOMPONENTIT SEKÄ KARJOJEN JA PYSYVIEN YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN VARIANSSIOSUUDET SEKÄ TOISTUMISKERTOIMIEN, BINÄÄRIMUUTTUIJEN JA SORKKASAIRAUSALTTIUDEN PERIITYMISASTEIDEN ARVIOT..	22
TAULUKKO 7. SORKKASAIRAUKSIEN FENOTYYPPISET VARIANSSIKOMPONENTIT SEKÄ SORKKAKAHOITAJIEN, KARJOJEN JA PYSYVIEN YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN VARIANSSIOSUUDET SEKÄ TOISTUMISKERTOIMIEN, BINÄÄRIMUUTTUIJEN JA SORKKASAIRAUSALTTIUDEN JA PERIITYMISASTEIDEN ARVIOT.....	22
TAULUKKO 8. SORKKASAIRAUKSIEN JA 305 PÄIVÄN MAITOTUOTOKSEN FENOTYYPPISET VARIANSSIKOMPONENTIT JA KARJOJEN VARIANSSIOSUUDET SEKÄ PERIITYMISASTEIDEN ARVIOT JA SORKKASAIRAUSALTTIUDEN PERIITYMISASTEEN ARVIOT.....	22
TAULUKKO 9. SORKKASAIRAUKSIEN SEKÄ SORKKASAIRAUKSIEN JA MAITOTUOTOKSEN VÄLISET GENEETTISET KORRELAATIOT KESKIVIRHEINEEN JA FENOTYYPPISET KORRELAATIOT.	24

Kuviot

KUVIO 1. TYTTÄRIEN LUKUMÄÄRÄ ISÄÄ KOHTI RODUITTAIN.	7
KUVIO 2. VERTYMIEN ANTURASSA, VALKOVIIVAN REPEÄMÄN JA SORKKAKIERTYMÄN YLEISYYDET POIKIMAKERTALUOKITTAIN.....	13
KUVIO 3. TARTUNNALLISTEN SORKKASAIRAUKSIEN, ANTURAHAAVAUMAN JA KROONISEN SORKKAKUUMEEN YLEISYYDET POIKIMAKERTALUOKITTAIN.	14
KUVIO 4. SORKKASAIRAUKSIEN YLEISYYDET SUOMESSA VERRATTUNA RUOTSIIN JA HOLLANTIIN	15

1. Johdanto

Kuluttajat ovat yhä kiinnostuneempia tuotantoeläinten hyvinvoinnista ja myös tuottajat haluavat panostaa eläintensä hyvinvoinnin parantamiseen. Terve eläin on taloudellinen ja myös miellyttävä työskentelykumppani. Vakavat sorkkaviat johtavat hyvin usein lehmän ennenaikaiseen poistamiseen. Pihattonavetoiden ja automaattisten lypsyjärjestelmien yleistyessä lehmien liikuntakyvyn merkitys kasvaa, sillä jos lehmä ei kykene siirtymään riittävän säännöllisesti syömään ja lypsylle se joudutaan poistamaan. Sorkka- ja jalkaviat aiheuttavat ennenaikaisten poistojen ja heikentyneen hyvinvoinnin lisäksi taloudellisia tappioita, jotka aiheutuvat alentuneesta maitotuotoksesta ja kasvaneista eläinlääkintä- ja sorkkahoitokuluista sekä työmenekistä. Lisäksi sorkkasairaudet aiheuttavat usein hedelmällisyysongelmia ja ovat mahdollisesti yhteydessä korkeaan solukuun (Manske 2002). Sorkkiaa aristava lehmä on myös altis vedinvaurioille.

Sorkkaviat ovat suhteellisen yleisiä lypsykarjatiljoilla. Ruotsalaisessa tutkimuksessa (Manske 2002) 72 prosentilla 4 899 lehmästä havaittiin ainakin yksi sorkkavika. Terveet Sorkat -ohjelman vuonna 2003 hoidetusta 32 691 lehmästä 46,3 prosentilla oli yksi tai useampi sorkkasairaus (Kujala ym. 2004). Terveystarkkailusta saatavat eläinlääkärin hoitotiedot ovat jalostustyön kannalta riittämätön tiedonlähde, koska suurimman osan sorkkasairauksista hoitavat sorkkahoitajat tai karjanomistajat (Ral 1999). Sorkkahoidon avulla voidaan hoitaa sorkkasairauksia, mutta ennen kaikkea ennaltaehkäistä niitä.

1.1 Sorkkasairaudet

Sorkkasairauksien terminologiassa on eroja eri maiden välillä (Huang ja Shanks 1995). Lisäksi sorkkasairauksien yleisyyden vertailu eri maiden välillä on hankalaa, koska ilmasto, eläinten kasvatusolosuhteet, sairaustietojen rekisteröinti ja jopa sorkkasairauksien diagnosointi on erilaista eri maissa.

Sorkkakuume ja vertymät anturassa

Sorkkakuume on sorkkaseinämän ja sorkkaluun välisen herkän kudoksen häiriö, joka voi esiintyä piilevänä, akuuttina tai kroonisena (Huang ja Shanks 1995). Piilevä sorkkakuume näkyy vertymänä eli verenpurkaumina anturassa. Akuutti sorkkakuume on lehmällä harvinainen. Akuutin sorkkakuumeen oireita ovat syömättömyys ja aristavat sorkat. Kroonisessa sorkkakuumeessa sorkan muoto muuttuu, koska sorkkakuume aiheuttaa sorkan liikakasvua. Sorkka näyttää kaarevalta ja seinämässä on ruununrajan suuntaisia syviä uurteita (Toussaint Raven 1989, Blowey ja Weaver 2003).

Suomessa vertymiä anturassa ja kroonista sorkkakuumetta esiintyi vuonna 2002 noin 26–29 prosentilla lypsylehmistä (Kujala ym. 2004). Hollannissa vertymiä anturassa oli vuosina 2002–2003 lypsylehmistä 38 prosentilla (Holzhauer ym. 2004). Ruotsissa vastaava osuus vuosina 1997–1998 oli 31 prosenttia (Manske ym. 2002).

Sorkkavälin ihotulehdus

Sorkkavälin ihon altistaa tulehtumiselle likainen ja kostea ympäristö. Se on akuutti tai krooninen tulehdus sorkkapuoliskojen välisessä ihossa. Sorkkavälin ihotulehdus ei ulotu ihonalaisiin kudoksiin. Sen aiheuttaa bakteeri-infektio, jonka yleisin aiheuttaja on *Bacteroides nodosus* (Bergsten 1997, Blowey ja Weaver 2003).

Sorkkavälin ajotulehdus on puolestaan subakuutti tai akuutti infektio, joka leviää nopeasti myös pehmeään kudokseen (Bergsten 1997). Sen aiheuttaa usein anaerobinen *Fusobakterium necrophorum* -bakteeri (Bergsten 1997). Suomessa sekä sorkkavälin ihotulehduksesta että sorkkavälin ajotulehduksesta käytetään usein nimitystä sorkkavälin ihotulehdus. Englannissa sorkkavälin ajotulehdusta esiintyi 7 prosentilla lypsylehmistä (Blowey ym. 2004). Ajotulehdus esiintyy usein epidemiana huonoissa navettaolosuhteissa. Hollannissa sorkkavälin ihotulehdusta oli 38 prosentilla lypsylehmistä vuosina 2002–2003 (Holzhauer ym. 2004). Sorkkavälin ihotulehdus voi johtaa kantasyöpymään ja usein vasta kantasyöpymä havaitaan. Sorkkavälin ihotulehdus, sorkka-alueen ihotulehdus ja kantasyöpymä luokitellaan tartunnallisiin sorkkasairauksiin.

Sorkka-alueen ihotulehdus

Sorkka-alueen ihotulehdus on erittäin helposti tarttuva. Sorkka-alueen ihotulehdusta esiintyy Yhdysvalloissa 43,5 prosentilla karjoista. Ensimmäiset tapaukset ovat puhjenneet siellä vuoden 1992 jälkeen (Wells ym. 1999). Englannissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin sorkka-alueen ihotulehdusta 12 prosentilla lypsylehmistä (Blowey ym. 2004). Hollannissa sorkka-alueen ihotulehdusta oli 22 prosentilla lypsylehmistä vuosina 2002–2003 (Holzhauer ym. 2004). Sorkka-alueen ihotulehdus voidaan havaita punaisina, pyöreinä, mansikkamaisina haavaumina sorkan kannan yläpuolella tai joskus myös sorkkavälin iholla. Haavaumat ovat arkoja ja saattavat vuotaa verta. Sorkka-alueen ihotulehdus aiheuttaa usein eläimen ontumisen (Bergsten 1997).

Kantasyöpymä

Kantasyöpymä voi syntyä, kun sorkkavälin ihotulehdus etenee. Kantasyöpymä ilmenee mustina läiskinä, pyöreinä kraatereina tai syvinä uurteina sorkan kantaosassa (Collick 1997). Taudin pahentuessa sorkan kantaosaan muodostuu tumma V-kirjaimen muotoinen taskumuodostuma. Vähitellen kannan sarveisosa syöpyy kokonaan ja sarveissorkka irtoaa martosorkasta kannalta päin (Huang ja Shanks 1995, Collick 1997).

Anturahaavauma

Anturahaavauma voi olla seurausta sorkkakuumeesta. Lisäksi anturahaavaumalle altistavat alustan märkyys ja kovuus. Anturahaavauma on sorkasta sisältäpäin syntyvä anturan vaurio. Anturahaavauma näkyy sorkan pohjassa reikänä, josta saattaa valua ulos kellertävää tai veristä kudosta (Rautala 1991). Suomessa anturahaavaumaa esiintyi vuonna 2002 noin 4 prosentilla lypsylehmistä (Kujala ym. 2004). Englannissa anturahaavaumaa oli 14 prosentilla lypsylehmistä (Blowey ym. 2004). Ruotsissa anturahaavaumaa esiintyi 9 prosentilla lypsylehmistä vuosina 1997–1998 (Manske ym. 2002).

Valkoviivan repeämä

Valkoviivan repeämällä tarkoitetaan sorkkaseinämän irtoamista anturasta (Huang ja Shanks 1995). Valkoviiva on sorkan heikoin kohta. Valkoviivan repeämä on yleensä seurausta mekaanisesta rasituksesta. Myös sorkkakuume ja kierresorkka saattavat heikentää sorkan rakennetta ja altistaa valkoviiivan repeämälle. Valkoviivan repeytyessä lika, kivet ja myös bakteerit voivat tunkeutua sorkkaan (Blowey 1993). Valkoviivan repeämää esiintyi vuonna 2002 noin 10 prosentilla suomalaisista lypsylehmistä (Kujala ym. 2004). Englannissa valkoviiivan repeämää esiintyi 13 prosentilla lypsylehmistä (Blowey ym. 2004). Ruotsissa valkoviiivan repeämää esiintyi 9 prosentilla lypsylehmistä vuosina 1997–1998 (Manske ym. 2002).

Kierresorkka

Kierresorkka on sorkan kasvuhäiriö, jota esiintyy ulkosorkkissa, yleensä molemmissa takajaloissa (Toussaint Raven 1989, Blowey ja Weaver 2003). Sorkka kasvaa nopeammin ulkoreunalta ja kiertyy kärkeänsä ylöspäin korkkiruuvien muotoon. Samalla sorkan ulkoseinä kääntyy anturan alle (Blowey ja Weaver 2003). Kierresorkan seurauksena sorkan pohjasta tulee vino ja lehmän paino kohdistuu pelkästään sorkan ulkosyrjään (Huang ja Shanks 1995). Kierresorkalla tarkoitetaan 180 asteen kiertymää. Suomessa kuitenkin luokitellaan myös 90 asteen kierteet ja siksi niistä on otettu käyttöön termi sorkkakiertymä. Sorkkakiertymää esiintyi vuonna 2002 noin 10 prosentilla suomalaisista lypsylehmistä (Kujala ym. 2004).

1.2 Sorkkasairauksiin vaikuttavat ympäristötekijät

Navetta- ja ulkoiluympäristö

Useissa tutkimuksissa on selvitetty navetta- sekä ulkoilu- ja laidunnusympäristön vaikutusta sorkkaterveyteen. Somersin ym. (2005) tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä lattiamateriaalin ja sorkkasairausalttiuden välillä. Tutkitut lattiamateriaalit (kiinteä betonilattia, ritiläpalkkilattia, uritettu betonilattia ja olkipatja) eivät myöskään vaikuttaneet sorkan kasvuun tai kulumiseen. Sorkka-alueen ihotulehdus oli kuitenkin lievempää eläimillä, jotka olivat olkipatjalla, ja sitä esiintyi vähemmän ritiläpalkkilattialla olleilla eläimillä kuin kiinteällä betonilattialla tai uritetulla betonilattialla olleilla eläimillä.

Aiemmassa tutkimuksessa Somers ym. (2003) havaitsivat, että olkipatjalla olleilla eläimillä oli vähiten sorkkasairauksia. Navetassa, jossa oli ritiläpalkkilattia ja lantaraappa, lehmillä oli vähemmän tartunnallisia sorkkasairauksia kuin niillä lehmillä, jotka olivat lantaraapattomalla ritiläpalkkilattialla. Laidunnuskokeessa havaittiin, että laiduntamattomien lehmien sorkkaterveys oli huonompi verrattuna lehmisiin, jotka olivat laitumella. Myös Ralin ym. (1993) tutkimuksessa sorkkaterveys oli parempi lehmillä, joita laidunnettiin verrattuna laiduntamattomaan ryhmään. Mansken (2002) tutkimuksen mukaan likaiset sorkat, pihattonavetat sekä kovat lattiat olivat eräiden sorkkasairauksien riskitekijöitä.

Sairaudet ja ruokinta

Hapan pötsi sekä liian nopeat ruokinnan muutokset voivat altistaa sorkkakuumeelle. Pötsin happamoitumista voidaan estää pitämällä väkirehu-säilörehu -suhde alle 60:40 ja välttämällä liiallisen helposti sulavan hiilihydraatin syöttämistä sekä huolehtimalla, että dieetissä on tarpeeksi kuitua. Kaikki ruokinnan muutokset on tehtävä hitaasti, vaiheittain. Karkearehun tulisi olla tarpeeksi pitkää, jotta lehmä pureskelee rehunsa hyvin. Tällöin sylkeä erittyy tarpeeksi pötsin normaalin toiminnan takaamiseksi (Rautala 1991, Vermunt 2004).

Suurten väkirehumäärien syöttämistä on esitetty jo ennen 1800-luvun puoliväliä syyksi sorkkakuumeelle ja ontumiselle. Nykyisten tutkimusten mukaan sorkkasairaudet ovat kuitenkin monien tekijöiden aiheuttamia eikä yksittäistä syytä niihin ole. Sorkkasairauksien syitä ei ole helppo osoittaa. Ruokinnan vaikutuksien tutkimusta sekoittavat muiden ympäristötekijöiden vaikutukset. Ruokinnan voidaan kuitenkin olettaa olevan yksi sorkkasairausalttiuteen vaikuttava tekijä (Manske 2002, Offer ym. 2003, Vermunt 2004).

Lypsykaudenvaihe ja tuotostaso

Mansken (2002) tutkimusten mukaan sorkkasairausriski kasvaa lehmän vanhetessa ja suurimmillaan riski sairastua on, kun poikimisesta on kulunut 61–150 päivää. Lisäksi korkeatuottoisilla lehmillä on suurempi riski sairastua anturahaavaumaan.

Sorkkahoito

Mansken ym. (2002) tutkimuksen mukaan lehmien sorkkahoito syksyllä vähensi sorkkavikojen ja ontumisen esiintymistä seuraavana keväänä hoitamattomiin lehtiin verrattuna. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, ettei ollut merkitystä, missä lypsykaudenvaiheessa sorkkahoito toteutettiin. Suurin positiivinen vaikutus sorkkahoidolla oli tutkimuksessa anturahaavaumien esiintymiseen. Muissakin tutkimuksissa on havaittu positiivinen yhteys säännöllisen sorkkahoidon ja sorkkaterveyden välillä (mm. Manson ja Leaver 1989, Huber ym. 2004), mutta myös päinvastaisia tuloksia on saatu. Huangin ym. (1995) tutkimuksessa sorkkaterveys oli huonompi lehmillä, joiden sorkat hoidettiin 4 kuukauden tai lyhyemmin välein, verrattuna lehtiin, joiden sorkkahoitoväli oli pidempi.

Rotu

Huangin ym. (1995) tutkimuksessa oli mukana viisi eri lypsylehmärotua. Kaikki lehmät olivat samassa tutkimusnavetassa. Tutkimuksessa jersey- ja ayrshire-roduilla havaittiin vähiten sorkkasairauksia. Brown swiss oli kolmanneksi paras rotu sorkkaterveyden suhteen, mutta tällä rodulla oli eniten kierresorkkaa. Holstein-rodun sorkkaterveys oli toiseksi huonoin ja sillä esiintyi eniten kantasyöpymää ja sorkkavälin ihotulehdusta. Guernsey-rodulla oli huonoin sorkkaterveys, ja Guernsey-lehmillä esiintyi eniten sorkkakuumetta, anturahaavaumaa ja valkoviivan repeämää. Lisäksi tutkimuksessa mukana ollut sorkkahoitaja havaitsi, että jersey- sorkka-aines oli kovinta. Yleisesti ottaen valkoinen sorkka-aines on pehmeämpää ja huonommin kestävä kuin pigmentoitunut sorkka-aines (Vermunt 2004). Myös Albanin (1995) tutkimuksessa jersey-rodun sorkkaterveys oli parempi verrattuna tanskalaisen holsteinin, Tanskan punaisen, Tanskan puna-valkoisen tai risteytyseläinten sorkkaterveyteen. Tutkimus tehtiin 9 762 tanskalaislehmällä 165 karjassa. Samoin Ralin ym. (1993) tutkimuksessa, joka tehtiin kahdella tutkimustilalla, jersey-rodun lehmien sorkat olivat terveempiä kuin ruotsalaisen puna-valkean tai friisiläis-rodun lehmien.

1.3 Periytymisasteiden arviot

Sorkkasairauksiin vaikuttavat monet ympäristötekijät ja sorkkasairauksien periytymisasteet ovat muiden terveysominaisuuksien tavoin suhteellisen alhaisia. Joidenkin sorkkasairauksien periytymisasteet on kuitenkin arvioitu useissa tutkimuksissa riittävän korkeiksi, jotta ne voitaisiin ottaa huomioon jalostustyössä (Ral 1999). Sorkkasairauksien periytyvyydestä on vain vähän tutkimuksia, koska aineistoa sorkkaterveydestä on hankala ja kallis kerätä (Huang ja Shanks 1995). Tutkimuksissa sorkkasairauksien periytymisasteiden arviot ovat yleensä vaihdelleet nolasta keskinkertaiseen (taulukko 1).

Periytymisasteiden arvioiden eroja voi selittää se, että tutkimuksissa sorkkasairaudet on luokiteltu eri tavalla. Joissakin tutkimuksissa asteikko on ollut 0–9, joissakin tutkimuksissa on käytetty viisiluokkaista asteikkoa, joissakin asteikko on ollut kolmiluokkainen, 0–2 eli on eroteltu lievät ja vakavat oireet ja joissakin tutkimuksissa sorkkasairaudet ovat olleet kaksiluokkaisia eli binäärisiä, 0/1-ominaisuuksia. Sorkkasairauksien luokittelupisteille on lisäksi tehty erilaisia muunnoksia. Huang ja Shanks (1995) käyttivät

tutkimuksessaan DFREML-eläinmallia (Meyer 1989) alkuperäisin pistein sekä Snell-muunnetuin (Snell 1964) pistein. Snell-muunnos perustuu logaritmiseen kertymäfunktioon. Luokitteluasteikollisten eli epäjatkovien, kategoristen havaintojen oletetaan olevan havaintoja jatkuvasta taustamuuttujasta (Snell 1964). Myös Boettcherin ym. (1998) tutkimuksessa lineaarista mallia varten luokittelupisteisiin tehtiin Snell-muunnos (Snell 1964). Brotherstone ym. (1990) saivat kierresorkalle, arvosteltuna binäärisenä ominaisuutena, periytymisasteen arvioksi 0,01. Kun kierresorkka muutettiin jatkuvaksi muuttujaksi, saatiin periytymisasteen arvioksi 0,07 (keskivirhe $\pm 0,03$).

Joissakin tutkimuksissa on tutkittu vain takajalkojen sorkat (Smit ym. 1986, Koenig ym. 2005, van der Waaij ym. 2005) tai laskettu periytymisasteet erikseen etu- ja takajalalle (Boelling ym. 2001). Lisäksi joidenkin sorkkasairauksien periytymisasteiden arvioiden eroja saattaa selittää, että sama sairaus oli määritelty tutkimuksissa eri tavalla ja se ei siten ollutkaan eri tutkimuksissa sama ominaisuus.

Taulukko 1. Sorkkasairauksien periytymisasteiden arvioita.

Ominaisuus	Tutkimus						
	h^2 (SE)	N	Isät	Rotu	Malli ja menetelmä	Maa	Tekijät ja vuosi
Sorkkavälin ihotulehdus	0,23 (0,11)	696	41	hf	I, Harvey'n sekamalli	Hollanti	Smit ym. 1986
	0,09	2 734	?	hf	?	Hollanti	Reurink & Van Arendonk 1987
	0,07 / 0,13	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
	0,07 (0,02) *	8 404	359	dr, hf, je	E, AI-REML	Tanska	Boelling ym. 2001
	0,05 (0,01)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
Kantasyöpymä	0,13 / 0,14	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
	0,06/0,10 (0,02) *	8 404	359	dr, hf, je	E, AI-REML	Tanska	Boelling ym. 2001
Sorkka-alueen ihotul.	0,07 (0,01)	5 634	?	hf	E, ASREML	Saksa	Koenig ym. 2005
	0,10 (0,02)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
Anturahaavauma	0,16 (0,10)	696	41	hf	I, Harvey'n sekamalli	Hollanti	Smit ym. 1986
	0,03 / 0,02	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
	0,09 (0,01)	5 634	?	hf	E, ASREML	Saksa	Koenig ym. 2005
	0,01 (0,01)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
Kierresorkka	0,07 (0,03)	73 940	784	hf	I, REML	I-B & Irlanti	Brotherstone ym. 1990
	0,05 / 0,04	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
Valkoviivan repeämä	0,08 / 0,15	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
	0,10 (0,00)	5 634	?	hf	E, ASREML	Saksa	Koenig ym. 2005
	0,02 (0,01)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
Sorkkakuume/ Krooninen sorkkak./ Piilevä sorkkakuume/ Vertymiä anturassa	0,14 / 0,13	814	197	ay, bs, gu, hf, je	E, DFREML/I, kynnysarvomalli	USA	Huang & Shanks 1995
	0,01 (0,01)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
	0,39 (0,13)	696	41	hf	I, Harvey'n sekamalli	Hollanti	Smit ym. 1986
	0,22	2 734	?	hf	?	Hollanti	Reurink & Van Arendonk 1987
	0,07/0,12 (0,02) *	8 404	359	dr, hf, je	E, AI-REML	Tanska	Boelling ym. 2001
	0,08 (0,02)	21 611	3010	hf	I, ASREML	Hollanti	van der Waaij ym. 2005
Ontuminen/ Liikuntakyky	0,16	3 139	439	hf	E, DFREML	Kanada	Van Dorp ym. 1998
	0,10 (0,03)	30 845	437	hf	I, REML	I-B & Irlanti	Boelling & Pollot 1998
	0,10 / 0,22	1342	458	hf	E, REML/E, kynnysarvomalli	USA	Boettcher ym. 1998
	0,06 (0,017)	3298	688	hf	E, REML	Kanada	Van Dorp ym. 2004
Jalka- ja sorkkaviat	0,08 – 0,11 (0,04)	9 187	229	hf	I, REML	USA	Lyons ym. 1991
	0,01 – 0,02	?	?	dr, drw, hf	I, monenominais. lineaarimalli	Tanska	Nielsen ym. 2000
	0,06 (0,00)	50 611	1 109	hf	I, kynnysarvomalli	USA	Zwald ym. 2004
Jalkaongelmien aiheut- tama ennenaiik. poisto	0,15	3 023	126	hf	I, kynnysarvomalli	Kanada	Uribe ym. 1995

* = tutkimus tehty sonneilla, h^2 = ominaisuuden periytymisaste, SE = keskivirhe, N = eläinten lukumäärä tutkimuksessa, Isät = aineiston eläinten isien lukumäärä, hf = holstein-friisiläinen, ay = ayrshire, bs = brown swiss, gu = guernsey, je = jersey, dr = Tanskan punainen, drw = Tanskan punavalkea, E = eläinmalli, I = isämalli, I-B = Iso-Britannia

Smitin ym. (1986) tutkimuksen korkeammat periytymisasteen arviot ja suuret keskivirheet selittyvät käytetyn aineiston pienellä koolla. Myös Huangin ja Shanksin (1995) käyttämä aineisto oli melko suppea. Aineisto oli kerätty vuosina 1983–1992 Illinoisin yliopiston lypsylehmiltä sorkkahoidon yhteydessä.

REML-menetelmällä ja kynnysarvomallilla on yleensä saatu samansuuruisia periytymisasteen arvioita, mutta Huang ja Shanks (1995) ovat saaneet tutkimuksessaan korkeamman periytymisasteen arvion kynnysarvomallilla valkoviivan repeämälle ja sorkka-

välin ihotulehdukselle ja myös Boettcher ym. (1998) ovat saaneet korkeamman periytymisasteen arvion kynnsarvomallilla liikuntakyvyille. Huang ja Shanks (1995) raportoivat tutkimuksessaan, että havaintoja isää kohti oli isä-kynnsarvomallissa liian vähän.

Jalka- ja sorkkasairauksien (yhtenä ominaisuutena) periytymistä on tutkittu kolmessa eri tutkimuksessa (taulukko 1). Eläinlääkärien hoitotiedoista sorkkasairauksille lasketut periytymisasteen arviot ovat kaikissa tutkimuksissa olleet hyvin lähellä nollaa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että eläinlääkärit hoitavat vain hyvin pienen osan sorkkasairauksista (Ral 1999).

1.4 Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli määrittää eri sorkkasairauksien periytymisasteen arvioita sekä tutkia muita sorkkasairauksiin vaikuttavia tekijöitä. Sorkkasairauksiin vaikuttavista muista kuin perinnöllisistä tekijöistä pyrittiin tutkimaan navettatyypin, makuualustan, tuotostason, ruokintatyypin, vuodenajan, poikimakerran ja lypsykaudenvaiheen vaikutusta. Lisäksi tavoitteena oli laskea eri sorkkasairauksien sekä sorkkasairauksien ja maitotuotoksen väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Aineiston kuvaus

Aineistona tutkimuksessa käytettiin Terveet Sorkat -ohjelman havaintoja lypsylehmien sorkkaterveydestä. Terveet Sorkat -ohjelma on Suomen Sorkkahoitajien Yhdistyksen, Suomen Rehun ja Vetman Oy:n valtakunnallinen ohjelma sorkkaterveyden kohentamiseksi ja sorkkasairauksien ennaltaehkäisemiseksi (Jankko 2002). Ohjelma on aloitettu maaliskuussa 2002. Sorkkahoitajat on koulutettu tunnistamaan sorkkaviat ja täyttämään raportit samalla tavalla (Jankko 2003).

Terveet Sorkat -ohjelmaan liittyminen on vapaaehtoista. Terveet Sorkat -ohjelman tietoja sorkkaterveydestä ei ole kerätty kotieläinjalostustutkimusta varten, vaan tilatason ja myös valtakunnan tason sorkkaterveystilanteen seurantaan. Aineisto on kuitenkin ainoa koko Suomen alueelta kerätty aineisto sorkkasairauksista. Sorkkasairauksien periytyvyyttä ei ole aiemmin tutkittu suomalaisilla lypsylehmillä ja Terveet Sorkat -ohjelman aineisto on maailmanlaajuisestikin erittäin suuri sorkkaterveysaineisto.

Sorkkaterveysaineisto tallennettiin Microsoft Excel-tilukkolaskentaohjelmalla sorkkahoitajien vuosina 2003 ja 2004 täyttämistä kaavakkeista. Alkuperäisessä aineistossa oli 84 946 havaintoa 1 620 tilalta eri puolilta Suomea. Merkintöjä oli tehnyt 44 sorkkahoitajaa, joista 36 oli käynyt Terveet Sorkat -koulutuksen.

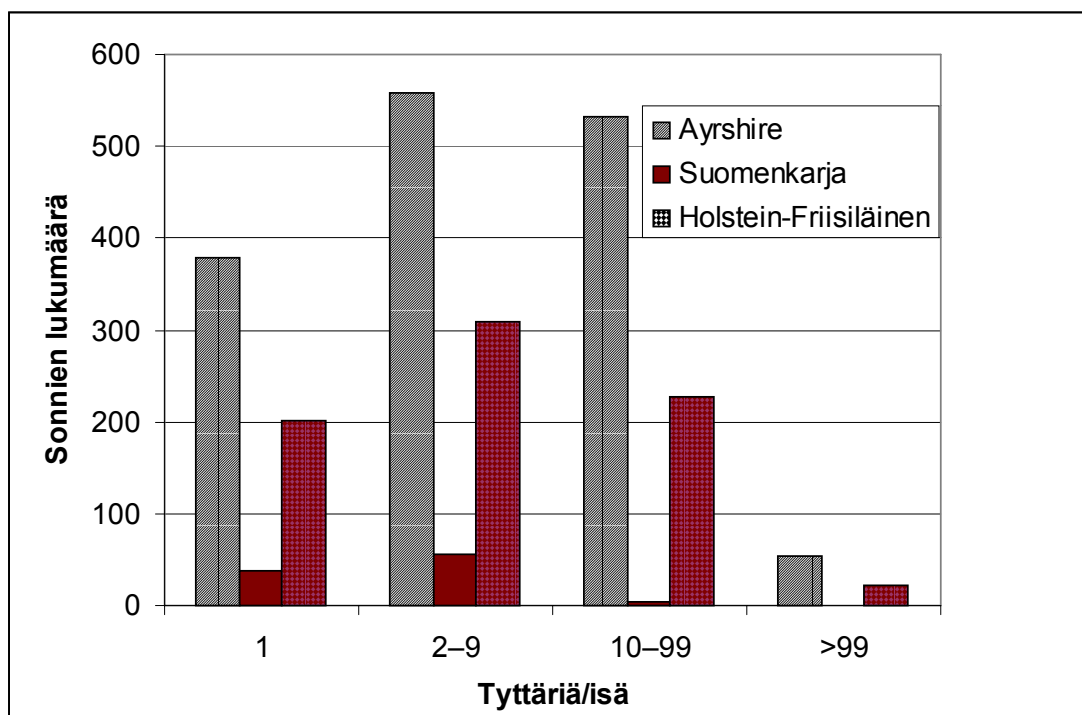
Aineistosta poistettiin virheelliset havainnot eli eläimet, jotka oli merkitty virheellisesti sekä terveiksi että sairaiksi ja eläimet, joilta puuttui tieto sorkkaterveydestä. Sorkkaterveysaineistossa eläinten tunnistetietoina olivat maaseutukeskus-karja-korvanumerot, mutta osalta lehmistä oli tallennettu vain nimi, ei korvanumeroa. Sorkkaterveysaineisto yhdistettiin ProAgria Maatalouden laskentakeskuksen tuotosseuranta-aineistoon. Tässä vaiheessa poistettiin havainnot eläimistä, joille ei löytynyt maaseutukeskus-karja-kor-

vanumeroa vastaavaa syntymätunnusta. Lisäksi havainnot lehmistä, joiden isä oli tuntematon poistettiin.

Lopullisessa aineistossa oli 74 410 havaintoa 41 087 lypsylehmältä ja hieholta vuosilta 2003 ja 2004. Suomessa oli vuoden 2003 lopussa lypsylehmiä 330 000 kpl (Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto 2004), joten tutkimusaineiston eläinmäärä on yli 10 prosenttia Suomen lypsylehmäpopulaatiosta. Tuotosseurantaan vuonna 2004 kuuluneista 248 810 lypsylehmästä (Lohenoja 2005), tämän aineiston eläinmäärä on yli 15 prosenttia.

Lopullisen aineiston eläimet olivat 1 462 tilalta ja havainnot olivat 43 sorkkahoitajan keräämiä. Havaintojen lukumäärä sorkkahoitajaa kohti vaihteli 25–7077. Roduittain aineisto jakaantui seuraavasti: ayrshire 29 159, suomenkarja 291 ja holstein-friisiläinen 11 637 eläintä. Aineiston eläimet olivat syntyneet vuosina 1987–2004.

Aineiston eläimet olivat 2 381 sonnin jälkeläisiä. Jälkeläisten lukumäärä vaihteli 1–949 jälkeläistä/isä. Ayrshire-rodun eläimet olivat 1 523 sonnin jälkeläisiä. Alle 10 jälkeläistä oli 938 ayrshire-sonnilla ja 100 jälkeläistä tai enemmän 53 ayrshire-sonnilla. Suomenkarjan eläimet olivat 97 sonnin jälkeläisiä. Suomenkarjan sonneilla jälkeläisten lukumäärä vaihteli 1–19 jälkeläistä/isä. Ainoastaan 4 sonnilla oli enemmän kuin 9 jälkeläistä ja ainoastaan 10 sonnilla oli enemmän kuin 5 jälkeläistä. Holstein-friisiläis-rodun eläimet olivat 761 sonnin jälkeläisiä ja jälkeläisten lukumäärä vaihteli 1–470 jälkeläistä/isä. Alle 10 jälkeläistä oli 511 sonnilla ja 100 jälkeläistä tai enemmän 22 sonnilla. Tyttären lukumäärä isää kohti on esitetty roduittain kuviossa 1.



Kuvio 1. Tyttären lukumäärä isää kohti roduittain.

Tutkittavat ominaisuudet

Terveet Sorkat -aineistossa on luokiteltu joko-tai -asteikolla seuraavat sorkkasairaudet: vertymiä anturassa, krooninen sorkkakuume, valkoviivan repeämä, anturahaavauma, sorkkavälin ihotulehdus, kantasyöpymä, sorkka-alueen ihotulehdus, sorkkakiertymä ja muu sorkkasairaus.

Vertymät eli verenpurkaumat anturassa kertovat piilevästä sorkkakuumeesta. Vertymiä voi esiintyä valkoviivan alueella, mutta myös muualla anturassa. Krooninen sorkkakuume aiheuttaa sorkan liikakasvua ja sorkan muoto muuttuu kaarevaksi. Valkoviivan repeämissä sorkkaseinämiä irtoaa anturasta. Anturahaavauma on anturan vaurio, joka syntyy sorkasta sisältäpäin. Se näkyy sorkan pohjassa reikänä, josta usein vuotaa veristä kudosta. Sorkkavälin ihotulehdus, kantasyöpymä ja sorkka-alueen ihotulehdus ovat tartunnallisia sorkkasairauksia. Sorkkakiertymään luokitellaan 90 asteen ja sitä suuremmat sorkan kiertymät, kun kierresorkalla tarkoitetaan yleensä yli 180 asteen kiertymiä. Muihin sorkkasairauksiin luokitellaan esimerkiksi vierasesineet, sorkkaluun murtumat ja muut viat, joille ei ole erillistä koodia. Terveen eläimen sorkkahoito merkitään ennaltaehkäisevänä hoitona.

Kaikkien sorkkasairauksien yleisyydet tutkittiin. Kiinteiden tekijöiden tilastollisia merkitsevyyksiä testattiin sorkkasairauksilla, joiden yleisyys oli yli viisi prosenttia. Periytymisasteen arviot laskettiin sorkkasairauksille, joiden yleisyys oli yli kolme prosenttia. Lisäksi tutkittiin kaikkia sorkkasairauksia yhtenä ominaisuutena eli sitä oliko eläin terve vai oliko sillä yksi tai useampi sorkkasairaus.

2.2 Kiinteiden tekijöiden luokittelu

Sorkkasairaushavaintojen lisäksi Terveet Sorkat -ohjelmasta saatiin 1 469 tilalta tiedot navettatyypistä, makuualustasta, lantakäytävistä, lantalatyypistä (kuiva- vai lietelantala) ja hoitokerroista vuodessa. Nämä tiedot sorkkahoitajat ovat keränneet tilan liittyessä ohjelmaan. Lisäksi jokaisella hoitokerralla oli merkitty tilan käyttämä ruokintatyyppi (täysrehu-, puolitiiiviste-vilja-, tiiviste-vilja-, seosrehuruokinta tai jokin muu ruokintatyyppi) ja lypsylehmien lukumäärä tilalla kyseisenä sorkkahoitopäivänä. Tuotosseuranta-aineistosta saatiin analyysieihin mukaan lehmien polveutumiset, rotu, ikä, poikima- ja tuotostiedot.

Sorkkasairausriskiä lisäävistä kiinteistä tekijöistä tutkittiin eläimen rodun, poikimakeran, lypsykaudenvaiheen, tuotostason, hoitokertojen lukumäärän, hoitovuodenajan, tilan navettatyyppin, makuualustan, lantalatyypin, ruokintatyyppin ja karjakoon vaikutusta. Kiinteiden tekijöiden luokittelu sorkkahoitajaa lukuun ottamatta ja havaintojen lukumäärät tekijöiden eri luokissa on esitetty taulukossa 2. Taulukossa esitettyjen tekijöiden lisäksi mallissa oli sorkkahoitaja korjaavana tekijänä ja jokainen sorkkahoitaja oli mallissa omana luokkanaan.

Taulukko 2. Kiinteiden tekijöiden luokittelu.

tekijä	luokka	havaintoja	tekijä	luokka	havaintoja
rotu	ay	52991	hoitokertoja yhteensä	1	20778
	sk	490		2	22606
	fr	20929		3	16857
ruokinta	pt	30497		4	11624
	tr	25625		>4	2545
	vt	10226	poikimakerta	hiehot	323
	s	5676		1	25888
	muu tai puuttuu	2386		2	19454
navetta	parsi	44322		3	12043
	kylmäp.	1332		4	6458
	lämminp.	21221		5	3203
	puuttuu	7535		>5	2754
makuualusta	kova	9547		puuttuu	4287
	matot	55380	lypsykaudenvaihe	0-60	12771
	muu	919		60-120	12239
	puuttuu	8564		120-180	11212
tuotos	<6000	3503		180-240	10679
	6000-7000	7902		240-300	10079
	7000-8000	12969		300-360	7570
	8000-9000	14280		yli 360 tai puuttuu	9860
	9000-10000	11388	lantala	kuiva	23977
	10000-11000	7036		liete	42477
	>11000	5792		puuttuu	7956
	puuttuu	11540	karjakoko	<21	14467
hoitovuodenaika	kevät	25569		21-30	23672
	kesä	14867		31-40	16340
	syksy	21718		41-60	13675
	talvi	12256		61-180	6256

Aineiston eläimet jaettiin niiden isän rodun perusteella kolmeen luokkaan: 1 = ayrshire, 2 = suomenkarja ja 3 = holstein-friisiläinen. Poikimakerta jaettiin kahdeksaan luokkaan: 1 = hiehot (vuosina 2002–2004 syntyneet eläimet, joilla ei poikimatietoa), 2 = ensikot, 3 = 2 kertaa poikineet, 4 = 3 kertaa poikineet, 5 = 4 kertaa poikineet, 6 = 5 kertaa poikineet, 7 = 6 kertaa tai useammin poikineet ja 8 = eläimet, joilta poikimatieto puuttuu.

Lypsykaudenvaihe saatiin vähentämällä sorkkahoitopäivämäärästä sitä edeltänyt poikimapäivämäärä. Lypsykaudenvaihe jaettiin seitsemään luokkaan: 1 = poikimisesta oli sorkkahoitopäivänä kulunut 0–60 päivää, 2 = poikimisesta oli kulunut 60–120 päivää ja tästä eteenpäin 60 päivän välein ja viimeiseen eli seitsemänteen luokkaan luokiteltiin eläimet, joiden poikimapäivämäärästä ei ollut tietoa tai edellisestä poikimisesta oli kulunut yli 360 päivää.

Tuotos oli lähimmän, edeltävän täyden 305 päivän maitotuotos kiloina. Näin ollen esimerkiksi kaikilta ensikoilta tämä tuotostieto puuttui. 305 päivän maitotuotos jaettiin kahdeksaan tuotosluokkaan: 1 = 305 päivän maitotuotos alle 6 000 kiloa, 2 = 305 päivän maitotuotos 6 000–7 000 kiloa, 3 = 7 000–8 000 kiloa, 4 = 8 000–9 000 kiloa, 5 = 9 000–10 000, 6 = 10 000–11 000, 7 = 305 päivän maitotuotos yli 11 000 kiloa ja 8 = tieto 305 päivän maitotuotoksesta puuttuu.

Hoitokertojen lukumäärä kahden vuoden aikana jaettiin viiteen luokkaan: 1 = eläin oli hoidettu kerran kahden vuoden aikana (vuodet 2003 ja 2004), 2 = kaksi hoitokertaa kahden vuoden aikana, 3 = kolme hoitokertaa, 4 = neljä hoitokertaa ja 5 = enemmän kuin 4 hoitokertaa kahden vuoden aikana. Hoitovuodenaika jaettiin neljän luokkaan: 1 = kevät, 2 = kesä, 3 = syksy ja 4 = talvi.

Navettatyypin jaettiin neljään luokkaan: 1 = parsinavetta, 2 = kylmäpihatto, 3 = lämminpihatto ja 4 = tieto navettatyypistä puuttuu. Makuualusta jaettiin neljään luokkaan: 1 = kova makuualusta, ei lainkaan tai vain vähän kuivikkeita, 2 = parsimatot tai parsipedit ja/tai paljon kuivikkeita, 3 = muu alusta (esim. hiekkaparsi) ja 4 = tieto makuualustan tyypistä puuttuu. Lantalatyypin jaettiin kolmeen luokkaan: 1 = kuivalantala, 2 = lietalantala ja 3 = tieto lantalatyypistä puuttuu. Ruokintatyypin jaettiin viiteen luokkaan: 1 = puolitiivisteviljaruokinta, 2 = täysrehuruokinta, 3 = vilja-tiivisteviljaruokinta, 4 = seosrehuruokinta ja 5 = muu ruokintatyyppi (esim. joidenkin ruokintatyyppien yhdistelmä) tai tieto ruokintatyypistä puuttuu. Karjakoko jaettiin viiteen luokkaan: 1 = tilalla kyseisenä sorkkahoitopäivänä alle 21 lypsylehmää, 2 = 21–30 lehmää, 3 = 31–40 lehmää, 4 = 41–60 lehmää ja 5 = yli 60 (61–180) lehmää.

2.3 Tutkimusmenetelmät

Aineiston esikäsittelyyn, alustaviin analyyseihin ja kiinteiden tekijöiden merkitsevyyden testaamiseen F-testillä käytettiin WSYS-L- ja XWSYS-ohjelmistoa (Vilva 1998). F-testi perustuu lineaariseen malliin, pienimmän neliösumman, least squares (LS) -menetelmään. Koska binäärimuuttujan analysoiminen rikkoo lineaarimallin oletuksia (mallin virhetermi ei ole normaalisti jakautunut ja virhetermi on heteroskedastinen), kiinteiden tekijöiden tilastollista merkitsevyyttä testattiin myös logit-mallilla SAS-ohjelmistolla. Epälineaarinen logit-malli perustuu logistiseen todennäköisyysfunktioon.

Sorkkasairauksien periytymisasteiden arviointiin tarvittavat varianssikomponentit laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML)-menetelmällä käyttäen VCE4-ohjelmistoa (Groeneveld 1997). VCE4-ohjelmaa varten aineisto esikäsiteltiin PEST-ohjelmalla (Groeneveld 1990).

2.4 Tilastolliset mallit

Kiinteiden tekijöiden merkitsevyyttä tutkittiin mallilla 1. Kiinteiden tekijöiden mallissa ei ollut karjatekijää eikä mallin tekijöiden yhdysvaikutuksia tutkittu.

Malli 1

$$Y_{ijklmnopqrstu} = \mu + \text{rotu}_{i=1..3} + \text{pkerta}_{j=1..8} + \text{lypsykvaihe}_{k=1..7} + \text{tuotos}_{l=1..8} + \text{hoitokertyht}_{m=1..5} + \text{hoitovaika}_{n=1..4} + \text{ruokinta}_{o=1..6} + \text{navetta}_{p=1..4} + \text{makuualusta}_{q=1..4} + \text{lantala}_{r=1..3} + \text{karjakoko}_{s=1..5} + \text{sorkkahoitaja}_{t=1..43} + \varepsilon_{ijklmnopqrstu}$$

$Y_{ijklmnopqrstu}$ = sorkkasairaus (0 = lehmällä ei kyseistä sorkkasairautta, 1 = lehmällä kyseinen sorkkasairaus)

μ = yleiskeskisarvo

$\text{rotu}_{i=1..3}$ = eläimen rotu

$\text{pkerta}_{j=1..8}$ = eläimen poikimakertaluokka

$\text{lypsykvaihe}_{k=1..7}$ = eläimen lypsykaudenvaiheluokka

$\text{tuotos}_{l=1..8}$ = eläimen tuotosluokka

$\text{hoitokertyht}_{m=1..5}$ = eläimen yhteenlaskettujen sorkkahoitokertojen lukumääräluokka

$\text{hoitovaika}_{n=1..4}$ = hoitovuodenaika

$\text{ruokinta}_{o=1..6}$ = tilan ruokintatyyppiluokka

$\text{navetta}_{p=1..4}$ = tilan navettatyyppiluokka

$\text{makuualusta}_{q=1..4}$ = tilan makuualustaluokka

lantala_{r=1..3} = tilan lantalatyypiluokka
 karjakoko_{s=1..5} = tilan lypsylehmien määrän luokka
 sorkkahoitaja_{t=1..43} = sorkkahoitaja
 $\varepsilon_{ijklmnopqrstu}$ = jäännöstekijä

Toistuvuuseläinmallilla 2a arvioitiin sorkkasairauksiin vaikuttavien satunnaistekijöiden varianssikomponentit. Mallissa 2a kiinteinä tekijöinä olivat rotu, poikimakerta, lypsykaudenvaihe, hoitovuodenaika, hoitovuosi ja sorkkahoitaja. Karjatekijä, pysyvien ympäristötekijöiden vaikutukset, eläin (additiiviset geneettiset vaikutukset) ja jäännöstekijä olivat satunnaistekijöitä.

Malli 2a

$$Y_{ijklmnopqrstu} = \mu + \text{rotu}_{i=1..3} + \text{pkerta}_{j=1..8} + \text{lypsykvaihe}_{k=1..7} + \text{hoitovaika}_{l=1..4} + \text{vuosi}_{m=1..2} + \text{sorkkahoitaja}_{n=1..43} + \text{karja}_o + \text{pysymp}_p + \text{eläin}_q + \varepsilon_{ijklmnopqr}$$

$Y_{ijklmnopqrstu}$ = sorkkasairaus (0 = lehmällä ei kyseistä sorkkasairautta, 1 = lehmällä kyseinen sorkkasairaus)

μ = yleiskeskisarvo

$\text{rotu}_{i=1..3}$ = eläimen rotu

$\text{pkerta}_{j=1..8}$ = eläimen poikimakertaluokka

$\text{lypsykvaihe}_{k=1..7}$ = eläimen lypsykaudenvaiheluokka

$\text{hoitovaika}_{l=1..4}$ = hoitovuodenaika

$\text{vuosi}_{m=1..2}$ = hoitovuosi

$\text{sorkkahoitaja}_{n=1..43}$ = sorkkahoitaja

karja_o = karja

pysymp_p = pysyvät eläinkohtaiset tekijät

eläin_q = eläimen additiivinen geneettinen vaikutus

$\varepsilon_{ijklmnopqrstu}$ = jäännöstekijä

Lisäksi varianssikomponenttien arviointiin käytettiin mallia 2b, joka oli kuten malli 2a, mutta siinä sorkkahoitaja oli satunnaistekijä. Varianssikomponentit arvioitiin myös eläinmallilla 3, joka oli kuten malli 2a, mutta siinä ei ollut lainkaan pysyviä eläinkohtaisia ympäristötekijöitä. Eläinmallilla 3 varianssikomponentit arvioitiin aineistosta, jossa oli vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto.

Sorkkasairauksien väliset korrelaatiot laskettiin kaksi ominaisuutta kerrallaan eläinmallilla 3 aineistosta, jossa oli vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto. Sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen väliset korrelaatiot laskettiin myös kaksi ominaisuutta kerrallaan aineistosta, jossa oli vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto. Maitotuotokselle käytettiin mallia, jossa kiinteinä tekijöinä olivat ainoastaan rotu ja poikimakerta sekä satunnaistekijöinä karja ja eläin. Maitotuotos ei ollut tutkittava ominaisuus vaan sitä käytettiin tuki- ja vertailuominaisuutena. Maitotuotos on normaalisti jakautunut muuttuja toisinkuin sorkkasairaudet ja maitotuotoksen periytymisasteen arvio on lukuisten tutkimusten perusteella tiedossa melko tarkasti.

Laskennassa oli mukana 41 087 yksilöä, joilla oli tieto sorkkasairauksista. Sukulaisuusmatriisissa oli mukana viisi sukupolvea. Sukulaisuustiedossa oli aineiston eläinten lisäksi 94 450 yksilöä.

Satunnaistekijät oletettiin normaalisti jakautuneiksi. Satunnaistekijöiden keskiarvojen oletettiin olevan nollia ja varianssien karjatekijällä $\mathbf{I}\sigma^2_c$, eläintekijällä $\mathbf{A}\sigma^2_a$ ja jäännöstekijällä $\mathbf{I}\sigma^2_e$ sekä toistuvuuseläinmalleissa pysyvillä ympäristötekijöillä $\mathbf{I}\sigma^2_{pe}$ ja mallissa 2b sorkkahoitajatekijällä $\mathbf{I}\sigma^2_s$. \mathbf{A} oli sukulaisuusmatriisi ja \mathbf{I} oli identiteettimatriisi. Satunnaistekijöiden väliset kovarianssit oletettiin nolliksi.

Periytymisasteiden arviot laskettiin jakamalla additiivinen geneettinen varianssi kokonaisvarianssilla. Toistumiskerroin (toistuvuuseläinmalleissa) laskettiin jakamalla additiivisen geneettisen varianssin ja pysyvien ympäristötekijöiden varianssin summa kokonaisvarianssilla.

Sorkkasairaudet oli aineistossa luokiteltu kahteen luokkaan: terve tai sairaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että sorkkasairausalttiuden perinnöllinen tausta on samankaltainen kuin kvantitatiivisilla ominaisuuksilla eli sorkkasairausalttius määräytyy useiden geenien ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta. Sorkkasairauksien taustamuuttujan eli sorkkasairausalttiuden periytymisaste laskettiin Falconerin (1989) esittämällä kaavalla:

$$h^2_{\text{taustamuuttuja}} = h^2_{\text{binääriominaisuus}} * [(1-p)/(i^2*p)],$$

jossa $h^2_{\text{taustamuuttuja}}$ on binäärin sorkkasairausominaisuuden taustalla oletetun normaalisti jakautuneen taustamuuttujan eli sorkkasairausalttiuden periytymisaste, $h^2_{\text{binääriominaisuus}}$ on alkuperäisen kaksiluokkaisen sorkkasairausominaisuuden eläinmallilla laskettu periytymisaste, p on sorkkasairauden yleisyys ja i on valinnan intensiteetti. Valinnan intensiteetti, i , poimittiin Falconerin (1989) esittämästä taulukosta (Appendix Table A), kun sorkkasairauden yleisyys, p , oli tiedossa.

3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

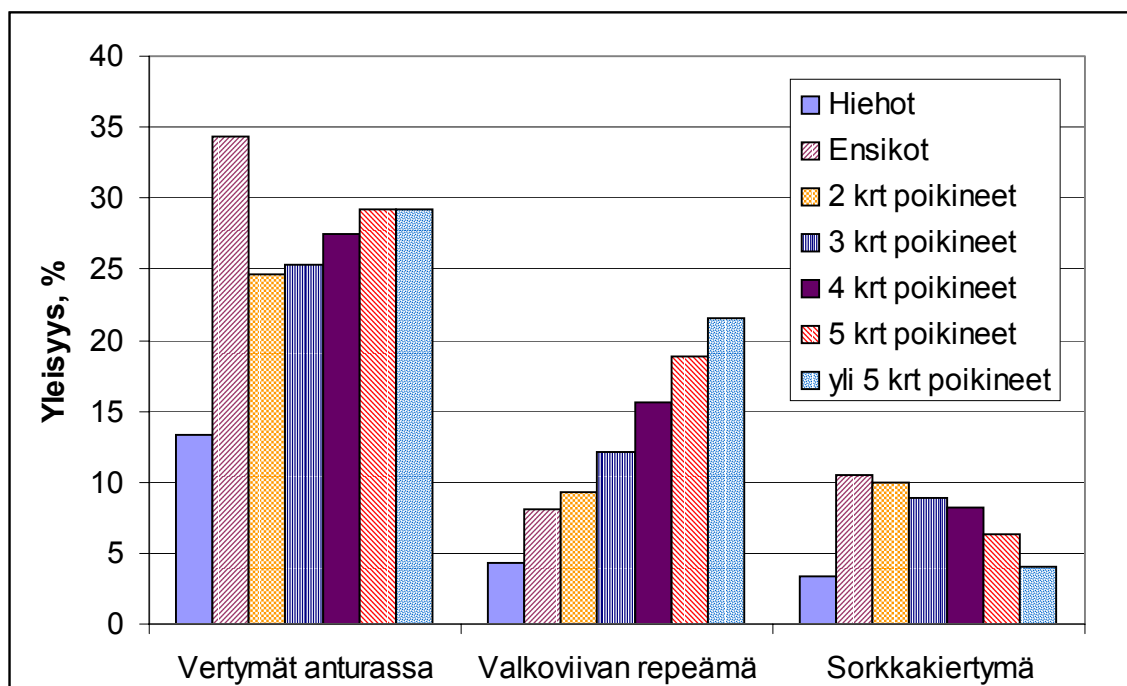
3.1 Sorkkasairauksien yleisyys

Taulukossa 3 on esitetty sorkkasairauksien yleisyys havainnoista (samalta eläimeltä voi olla useampia havaintoja) sekä eläimistä (huomioitu vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto). Havainnoista 54,8 prosenttia oli terveistä lehmistä eli yksi tai useampi sorkkasairaus oli 45,2 prosentilla havainnoista (45,8 prosentilla eläimistä).

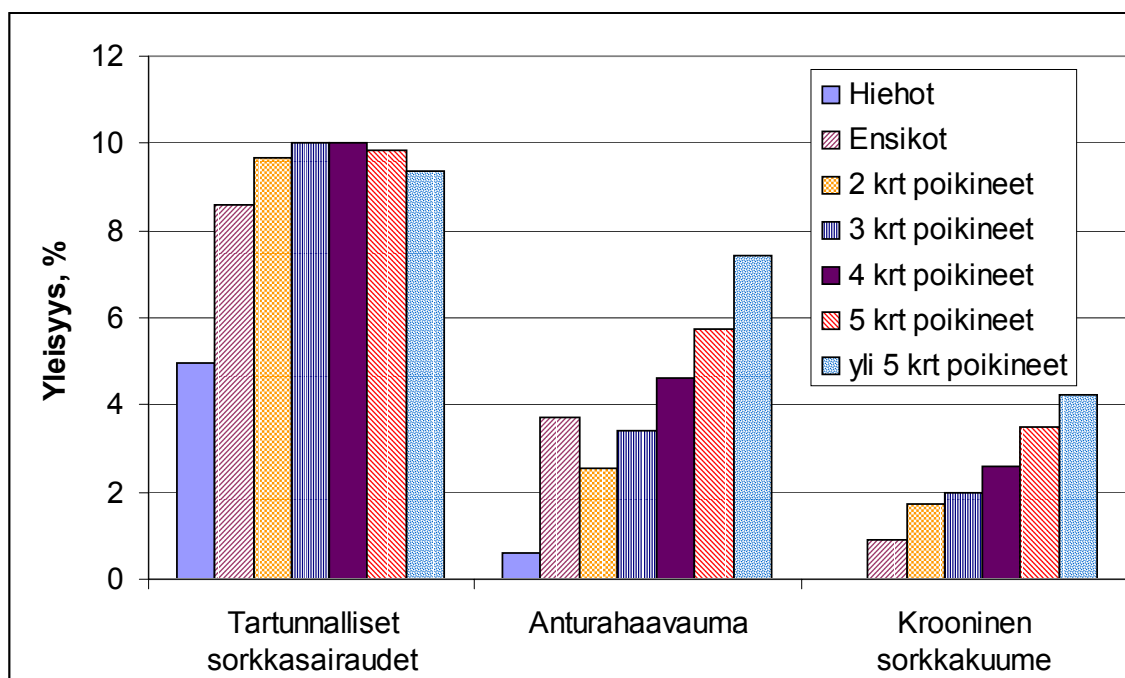
Taulukko 3. Sorkkasairauksien yleisyys.

Ominaisuus	Yleisyys	
	Havainnoista, % n = 74410	Eläimistä, % n = 41087
Vertymät anturassa	28,2	30,0
Valkoviivan repeämä	10,6	9,0
Sorkkakiertymä	9,2	10,0
Krooninen sorkkakuume	1,7	1,4
Anturahaavauma	3,5	3,7
Tartunnalliset sorkkasairaudet		
Kantasyöpymä	8,1	7,8
Sorkkavälin ihotulehdus	0,9	0,6
Sorkka-alueen ihotulehdus	0,2	0,1
Muu sorkkasairaus	0,8	0,7
Sorkkasairaus terve/sairas	45,2	45,8

Kuvioissa 2 ja 3 on esitetty sorkkasairauksien yleisyydet prosentteina poikimakertaluokittain. Vertymiä anturassa esiintyy eniten ensikoilla ja vähiten hiehoilla (kuvio 2). Valkoviivan repeämän yleisyys kasvaa poikimakertojen lisääntyessä. Myös sorkkakiertymää esiintyy vähiten hiehoilla. Eniten sitä esiintyy ensikoilla ja vähiten vanhoilla eläimillä.



Kuvio 2. Vertymien anturassa, valkoviivan repeämän ja sorkkakiertymän yleisyydet poikimakertaluokittain.

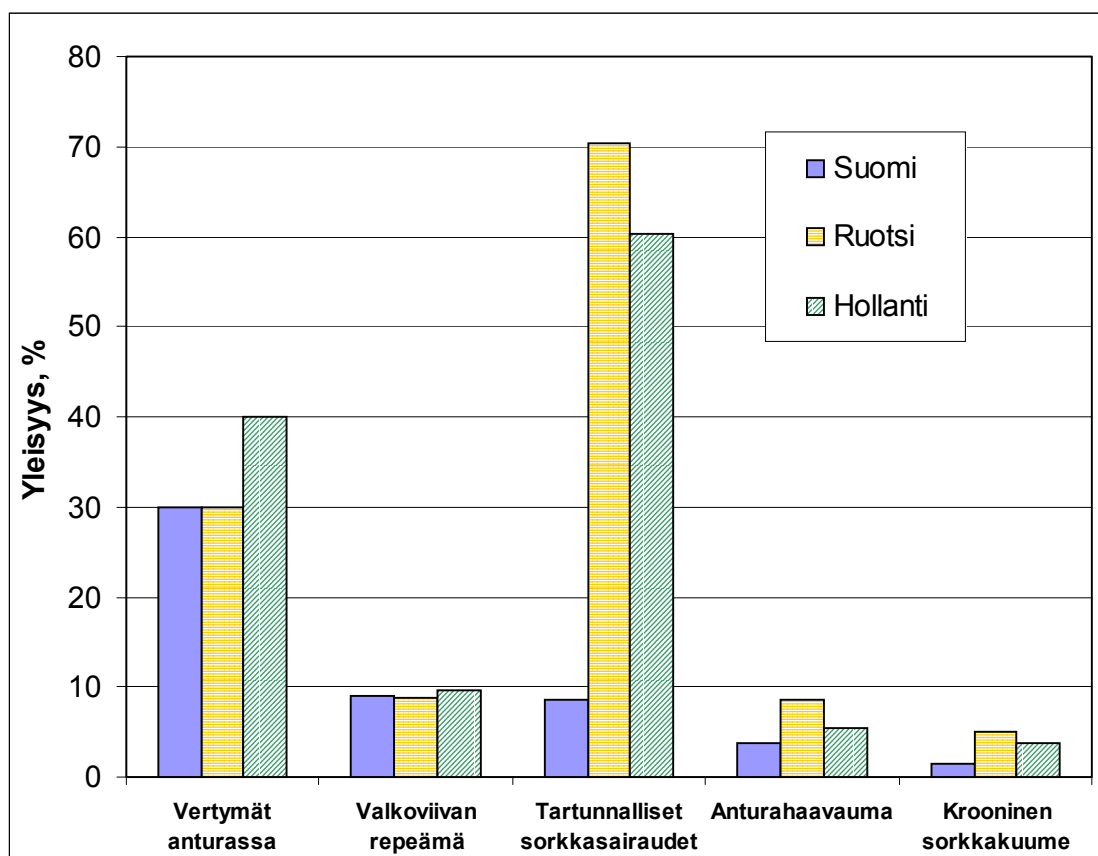


Kuvio 3. Tartunnallisten sorkkasairauksien (sorkkavälin ihotulehdus, sorkka-alueen ihotulehdus ja kantasyöpymä yhteenlaskettuna), anturahaavauman ja kroonisen sorkkakuumeen yleisyydet poikimakertaluokittain.

Tartunnalliset sorkkasairaudet ovat sorkkavälin ihotulehduksen, sorkka-alueen ihotulehduksen ja kantasyöpymän yhteenlaskettu prosenttiosuus (kuvio 3). Tartunnallisten sorkkasairauksien esiintymisessä ei ole juurikaan eroja poikimakertojen välillä. Myös tartunnallisia sorkkasairauksia esiintyy huomattavasti vähemmän hiehoilla. Anturahaavaumaa esiintyy eniten yli viisi kertaa poikineilla, mutta se on myös ensikoiden ongelma. Hiehoilla sitä esiintyy hyvin vähän. Kroonista sorkkakuumetta ei esiintynyt hiehoilla lainkaan. Krooninen sorkkakuume oli sitä yleisempi, mitä useammin lehmä oli poikanut.

Vain harvoissa tutkimuksissa on raportoitu kaikkien tai edes lähes kaikkien tässä tutkimuksessa tutkittujen sorkkasairauksien yleisyys kohtalaisen suuresta aineistosta. Joissakin tutkimuksissa sorkkasairauksien yleisyyttä on tutkittu vain karjatasolla (mm. Capion ja Enevoldsen 2004) eikä lainkaan yksilöittäin ja joissakin tutkimuksissa sorkkasairauksia on tutkittu vain ontuvilta eläimiltä (mm. Blowey ym. 2004, Bell ym. 2004, Meimandi Parizi ja Eskandari 2004). Läheskään kaikki sorkkasairaudet eivät kuitenkaan aiheuta ontumista.

Suomessa sorkkasairauksia esiintyi tämän tutkimuksen mukaan noin 46 prosentilla eläimistä. Ruotsissa sorkkasairauksia on raportoitu esiintyvän 72 prosentilla (Manske ym. 2002) ja Hollannissa yli 70 prosentilla eläimistä (van der Waaij ym. 2005). Eri sorkkasairauksien yleisyyksiä Suomessa, Ruotsissa ja Hollannissa on vertailtu kuviossa 4.



Kuvio 4. Sorkkasairauksien yleisyydet Suomessa verrattuna Ruotsiin (Manske ym. 2002) ja Hollantiin (van der Waaij ym. 2005).

Van der Waaijin ym. (2005) tutkimuksessa oli mukana 21 611 eläintä 430 hollantilaisesta karjasta. Sorkkasairaudet arvioi binäärisinä (joko-tai) ominaisuuksina 39 sorkkahoitajaa. Mansken ym. (2002) tutkimuksessa oli mukana 4 899 lehmää 101 ruotsalaisesta karjasta. Myös tässä tutkimuksessa 21 sorkkahoitajaa arvioi sorkkasairaudet binäärisinä ominaisuuksina.

Vertymiä anturassa esiintyy Suomessa ja Ruotsissa saman verran, Hollannissa kymmenen prosenttiyksikköä enemmän. Valkoviivan repeämän esiintyvyydessä ei ole eroa maiden välillä. Tartunnallisten sorkkasairauksien yleisyys on määritelty laskemalla yhteen sorkkavälin ihotulehduksen, sorkka-alueen ihotulehduksen ja kantasyöpymän yleisyys kussakin tutkimuksessa. Van der Waaijin ym. (2005) tutkimuksessa sorkkavälin ihotulehdusta ja kantasyöpymää (määriteltiin tutkimuksessa samana ominaisuutena) raportoitiin esiintyvän Hollannissa 38 prosentilla ja sorkka-alueen ihotulehdusta 21 prosentilla lehmistä. Manske ym. (2002) raportoivat tutkimuksessaan kantasyöpymää esiintyvän 41 prosentilla, sorkkavälin ihotulehdusta 27 prosentilla ja sorkka-alueen ihotulehdusta 2 prosentilla ruotsalaislehmistä. Suomessa tartunnallisia sorkkasairauksia näyttäisi esiintyvän tämän tutkimuksen perusteella huomattavasti vähemmän kuin Hollannissa tai Ruotsissa.

Saksassa (Koenig ym. 2005) sorkka-alueen ihotulehdusta ja kantasyöpymää (arvioitiin samana ominaisuutena) esiintyi 13 prosentilla lehmistä, anturahaavaumaa 16 prosentilla ja valkoviivan repeämää 10 prosentilla lehmistä. Tutkimuksessa ei raportoitu vertymien, kierresorkan, sorkkavälin ihotulehduksen tai kroonisen sorkkakuumeen esiintymistä. Tutkimuksessa oli mukana 5 634 holstein-rotuista lehmää yhdeksästä suuresta karjasta.

Kierresorkan yleisyys on raportoitu vain harvoissa tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa sorkkakiertymää esiintyi 10 prosentilla eläimistä ja ensikoista 11 prosentilla. Mansken ym. (2002) mukaan Ruotsissa lehmistä 21 prosentilla esiintyi joko kierresorkkaa tai muita sorkan kasvuhäiriöitä. Kierresorkkaa esiintyi Brotherstonen ym. (1990) mukaan Brittein saarilla alle 2 prosentilla ensikoista. Tutkimuksessa kierresorkka arvosteltiin rakennearvostelun yhteydessä 73 940 holstein-friisiläis- ensikolta. Yleisyyden vertailua vaikeuttaa sorkkakiertymän ja kierresorkan määrittelyero.

3.2 Kiinteiden tekijöiden vaikutus tutkittaviin ominaisuuksiin

Kiinteiden tekijöiden vaikutusta tutkittiin sorkkasairauksiin, joiden yleisyys oli yli viisi prosenttia eli näitä sorkkasairauksia olivat vertymät anturassa, valkoviivan repeämä, kantasyöpymä ja sorkkakiertymä. Lisäksi tutkittiin kaikkia sorkkasairauksia yhtenä ominaisuutena eli sitä oliko eläin terve vai oliko eläimellä havaittu yksi tai useampi sorkkasairaus.

Kiinteiden tekijöiden tilastolliset merkitsevyydet olivat hyvin samansuuruisia sekä lineaarisella LS- että epälineaarilla logit-mallilla tutkittuna (taulukko 4) kaikissa tutkituissa sorkkasairauksissa. Poikimakerta, hoitovuodenaika, navettatyyppi, makuualustan tyyppi ja sorkkahoitaja olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$) kaikissa sorkkasairauksissa. Myös rotu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä kaikissa muissa sairauksissa paitsi kantasyöpymässä. LS-mallien selitysasteet (taulukko 4) olivat kuitenkin alhaisia kaikissa sorkkasairauksissa. Kaikki tekijät olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,10$) vähintään neljässä ominaisuudessa tutkituista viidestä ominaisuudesta.

Taulukko 4. Kiinteiden tekijöiden tilastolliset merkitsevyydet lineaariseen LS-malliin sekä epälineaariseen logit-malliin perustuen sekä LS-mallien selitysasteet.

	Sorkkasairaus									
	Vertymät		Valkoviivan r.		Kantasyöpymä		Sorkkakiertymä		Sorkkasairaus	
	LS	logit	LS	logit	LS	logit	LS	logit	LS	logit
Rotu	***	***	***	***			***	***	***	***
Poikimakerta	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Lypsykaudenv.	***	***	*	**			***	***	***	***
Tuotosluokka	***	***			***	**	***	***	***	***
Hoitokerrat yht.	*	*	***	**	***	***	***	***	***	***
Hoitovuodenaika	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ruokintatyyppi			***	***	***	***	***	**	***	***
Navettatyyppi	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Makuualusta	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***
Lantalatyyppi			*	**	***	***	***	***	**	**
Karjakoko	***	***	o	o	***	***	***	***	*	o
Sorkkahoitaja	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Selitysaste, R^2	0,13		0,08		0,18		0,07		0,17	

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$) ja o($p < 0,10$)

Suurimmat poikkeamat olivat navettatyyppi-, rotu-, lypsykaudenvaihe- ja poikimakertaluokkien välillä (taulukko 5). Tarkasteltaessa sorkkasairauksia yhtenä ominaisuutena luokkien väliset erot olivat navettatyyppillä 8–24, rodulla 7–21, lypsykaudenvaiheella 1–18 ja poikimakerralla 0–25 prosenttiyksikköä.

Rodulla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaikkien muiden sorkkasairauksien paitsi tartunnallisen kantasyöpymän esiintymiseen. Rotujen välillä oli melko paljon eroa vertymien esiintymisessä (taulukko 5). Holstein-friisiläisillä vertymiä esiintyi eniten ja suomenkarjalla vähiten. Holstein-friisiläisen ero ayrshireen oli 7 ja suomenkarjan 10 prosenttiyksikköä. Holstein-friisiläisillä valkoviivan repeämää esiintyi eniten, ero suomenkarjaan ja ayrshireen oli noin neljä prosenttiyksikköä. Suomenkarjalla ja ayrshirella valkoviivan repeämää esiintyi lähes yhtä paljon, suomenkarjalla vähän enemmän. Ayrshirellä sorkkakiertymää esiintyi eniten ja suomenkarjalla vähiten, ayrshiren ero suomenkarjaan oli lähes 6 prosenttiyksikköä ja holstein-friisiläiseen yli prosenttiyksikkö. Eniten sorkkasairauksia esiintyi holstein-friisiläisillä ja vähiten suomenkarjalla, mutta suomenkarjan eläimiä oli tutkimuksessa hyvin vähän.

Eroja rotujen välille aiheuttaa todennäköisesti rotujen erilainen elopaino ja sorkka-aines. Suomenkarjan eläimet, samoin kuin jersey-rodun, ovat matalampia ja kevyempiä kuin holstein-rodun eläimet. Tutkimusten mukaan rotujen välillä on lisäksi eroja sorkka-aineksen kovuudessa (Huang ym. 1995). Pigmentoitunut sorkka-aines on kovempaa ja kestävämpää kuin vaaleampi sorkka-aines (Vermunt 2004). Suomenkarjan ja jersey-rodun lehmien sorkat ovat yleensä tummat ja holstein-rodulla sorkat ovat yleisimmin vaaleat. Myös muissa tutkimuksissa holstein-friisiläis -rotuisten eläinten sorkkaterveyden on havaittu olevan huonompi kuin esimerkiksi ayrshire- tai jersey-rotuisten eläinten sorkkaterveys (mm. Huang ym. 1995 ja Alban 1995).

Sorkkahoitotapahtuman ajoittumisella tiettyyn **lypsykauden vaiheeseen** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) vaikutus vertymien, sorkkakiertymän ja sorkkasairauksien esiintymiseen. Eniten vertymiä esiintyi, kun poikimisesta oli kulunut 60–180 päivää (taulukko 5). Vertymiä esiintyi jonkin verran myös 180–240 päivää poikimisesta. Vertymien esiintyminen oli vähäistä alkulypsykaudella ja etenkin kun poikimisesta oli kulunut 240 päivää tai yli. Eniten sorkkakiertymää esiintyi, kun poikimisesta oli kulunut 120–240 päivää. Alkulypsykaudella, 0–120 päivää poikimisesta, sorkkakiertymää esiintyi vähiten. Eniten sorkkasairauksia esiintyi, kun poikimisesta oli kulunut 60–180 päivää ja vähiten aivan lypsykauden lopulla.

Sorkkakuumeeissa normaali sarveisen muodostuminen häiriintyy. Koska sarveinen kasvaa hitaasti, sorkkakuumet näkyvät vertyminä anturassa noin kahden kuukauden kuluttua sorkkakuumeen ajankohdasta. Poikimiseen liittyvä elopainon ja ruokinnan muutos sekä alkava tuotosrasitus näkyy sorkkasairauksina, kun poikimisesta on kulunut kaksi kuukautta tai enemmän. Myös Mansken (2002) tutkimuksen mukaan sorkkasairausriski oli suurimmillaan, kun poikimisesta oli kulunut 61–150 päivää.

Taulukko 5. Kiinteiden tekijöiden merkitys yleisimpien sorkkasairauksien ilmenemiseen. Poikkeamat on esitetty prosenttiyksikköinä verrattuna vertailuluokkaan.

			Vertymät anturassa	Valkoviivan repeämä	Kanta- syöpymä	Sorkka- kiertymä	Sorkka- sairaudet	
Aineiston koko ja keskiarvot			74410	20,9	13,8	12,9	9,4	44,2
Tekijä	Luokka	n	poikkeama	poikkema	poikkeama	poikkeama	poikkeama	poikkeama
Rotu	ayrshire	52991	0	0	0	0	0	0
	suomenkarja	490	-10,2	0,2	-0,7	-5,7	-13,2	
	holstein-friisiläinen	20929	6,8	4,2	0,0	-1,2	7,8	
Poikimakerta	hiehot	323	-4,5	-12,3	-2,3	-2,5	-17,0	
	1	25888	7,8	-8,1	-1,5	1,5	-0,4	
	2	19454	-2,2	-6,9	-0,6	0,9	-6,5	
	3	12043	-1,8	-3,4	0,1	0,2	-3,5	
	4	6458	0	0	0	0	0	
	5	3203	2,0	3,7	0,6	-1,4	4,6	
	>5	2754	3,2	6,9	1,0	-3,4	8,2	
	tieto puuttuu	4287	-1,4	-8,8	10,8	-0,3	-11,2	
Lypsykaudenvaihe, pv	0–60	12771	-4,3	-0,5	0,2	-1,2	-5,2	
	60–120	12239	12,5	-0,7	0,4	-1,0	8,8	
	120–180	11212	10,7	-0,1	0,3	0,6	7,8	
	180–240	10679	0	0	0	0	0	
	240–300	10079	-6,8	0,4	0,0	-0,4	-5,3	
	300–360	7570	-11,1	0,5	-0,3	-0,8	-8,6	
	yli 360 tai puuttuu	9860	-11,8	0,3	-0,2	-1,6	-9,3	
Tuotosluokka, kg	<6000	3503	-0,5	0,0	-1,0	-0,4	-1,8	
	6000–7000	7902	-0,7	0,1	0,1	0,1	-0,9	
	7000–8000	12969	0	0	0	0	0	
	8000–9000	14280	-0,9	0,1	0,3	0,0	-0,5	
	9000–10000	11388	0,0	0,3	0,6	-1,1	-0,1	
	10000–11000	7036	1,3	0,1	0,8	-1,3	1,2	
	>11000	5792	3,8	0,3	1,1	-1,6	3,3	
	tieto puuttuu	11540	1,2	0,6	-0,9	-1,7	0,0	
Hoitokerrat yhteensä	1	20778	0,5	-0,1	0,0	0,4	1,5	
	2	22606	-0,7	0,4	-0,4	1,1	0,1	
	3	16857	0	0	0	0	0	
	4	11624	-0,7	1,2	-1,3	-0,2	-0,9	
	>4	2545	0,3	2,5	2,6	2,9	6,4	
Hoitovuodenaika	kevät	25569	-0,8	-2,8	-0,2	-1,0	-2,8	
	kesä	14867	0	0	0	0	0	
	syksy	21718	0,5	1,0	-1,3	-1,8	-1,1	
	talvi	12256	0,9	-1,4	3,5	-0,7	0,1	
Ruokintatyyppi	puolitiiviste+vilja	30497	0,9	0,4	-0,1	0,0	0,0	
	täysrehu	25625	0,6	1,8	-0,9	0,5	1,0	
	vilja+tiiviste	10226	0	0	0	0	0	
	seosrehu	5676	0,3	0,0	3,3	2,7	4,8	
	muu tai puuttuu	2386	-1,0	-0,4	2,9	1,2	0,4	
Navettatyyppi	parsi	44322	-5,9	-4,0	-11,3	-11,0	-16,2	
	kylmäpihatto	1332	0	0	0	0	0	
	lämmimpihatto	21221	1,0	7,6	4,7	-2,1	8,4	
	tieto puuttuu	7535	-3,9	0,6	-8,6	-8,5	-10,8	
Makuualusta	kova	9547	2,0	1,0	2,6	1,4	4,2	
	matot	55380	0	0	0	0	0	
	muu	919	-0,8	0,2	0,8	-4,0	-0,5	
	tieto puuttuu	8564	4,1	2,0	2,9	0,8	4,2	
Lantalatyyppi	kuiva	23977	0	0	0	0	0	
	liete	42477	0,0	0,5	-1,9	-1,0	-1,5	
	tieto puuttuu	7956	-2,0	-1,8	0,3	0,8	-0,9	
Karjakoko	5–20	14467	0,4	0,1	0,1	-0,2	1,6	
	21–30	23672	-0,3	-0,4	0,9	0,0	0,5	
	31–40	16340	0	0	0	0	0	
	41–60	13675	-1,7	0,2	1,2	2,9	1,3	
	61–180	6256	-2,5	-1,0	3,9	0,1	0,9	

Poikimakerralla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) vaikutus kaikkien tutkittujen sorkkasairauksien esiintymiseen. Vertymiä anturassa esiintyi eniten ensikoilla ja toiseksi eniten kuusi kertaa tai useammin poikineilla (taulukko 5). Kaksi kertaa poikineilla vertymiä esiintyi lehmistä vähiten, minkä jälkeen vertymien määrä lisääntyi poikimakertojen lisääntyessä. Hiehoilla vertymiä esiintyi vähiten. Valkoviivan re-

peämää esiintyi eniten kuusi kertaa tai useammin poikineilla. Mitä vähemmän poikimakertoja, sitä vähemmän valkoviiivan repeämää esiintyi. Hiehoilla valkoviiivan repeämää esiintyi vähiten. Kantasyöpymää esiintyi eniten kuusi kertaa tai useammin poikineilla. Mitä vähemmän poikimakertoja, sitä vähemmän kantasyöpymää esiintyi. Erot luokkien välillä olivat kuitenkin suhteellisen pieniä. Myös kantasyöpymää esiintyi hiehoilla vähiten, mutta hiehojen ja ensikkojen välinen ero oli tämän sorkkasairauden suhteen alle yhden prosenttiyksikön. Sorkkakiertymää esiintyi eniten ensikoilla ja vähiten kuusi kertaa tai useammin poikineilla. Mitä vähemmän poikimakertoja, sitä enemmän sorkkakiertymää esiintyi. Hiehoilla sorkkakiertymää esiintyi toiseksi vähiten, lähes prosenttiyksikön enemmän kuin kuusi kertaa tai useammin poikineilla ja prosenttiyksikön vähemmän kuin 5 kertaa poikineilla. Kuusi kertaa tai useammin poikineiden ero oli kaksi prosenttiyksikköä viisi kertaa poikineisiin. Ensikoiden ja hiehojen ero oli 4 prosenttiyksikköä ja ensikoiden ja kuusi kertaa tai useammin poikineiden lähes viisi prosenttiyksikköä. Eniten sorkkasairauksia esiintyi 6 kertaa tai useammin poikineilla lehmillä ja toiseksi eniten 5 kertaa poikineilla. Seuraavana olivat ensikot ja 4 kertaa poikineet. Hiehoilla sorkkasairauksia esiintyi vähiten. Vertymät anturassa on aineenvaihdunnallinen sorkkasairaus. Ensikoilla ensimmäiseen poikimiseen liittyvä tuotosrasitus ja mahdollinen olosuhteiden muutos altistavat sorkkakuumeelle, joka näkyy vertyminä anturassa. Lisäksi ensikoiden kasvu jatkuu ja elopaino kasvaa voimakkaasti vielä ensimmäisen poikimisen jälkeen. Hiehoilla ei vastaavaa tuotosrasitusta ole ja siksi niillä ei juuri esiinny sorkkakuumetta ja vertymiä. Valkoviiivan repeämä aiheutuu usein mekaanisesta rasituksesta ja jos sorkan rakenne on kerran heikentynyt, esimerkiksi sorkkakuumeen seurauksena, vaiva todennäköisesti uusii myöhemmin. Siksi valkoviiivan repeämää esiintyy erityisesti vanhoilla eläimillä. Sorkkakiertymä on helposti havaittava sairaus ja todennäköisesti eläimet, joilla on sorkkakiertymä, karsitaan helpommin. Siksi sorkkakiertymää esiintyy vain vähän vanhoilla eläimillä. Sorkkasairauksia esiintyy eniten vanhoilla eläimillä, joilla sorkan rakenne on ehkä aikaisemmin heikentynyt sorkkasairauksien, mekaanisten vaurioiden ja tuotosrasituksen seurauksena. Myös Mansken (2002) tutkimuksen mukaan sorkkasairausriski kasvoi lehmän vanhetessa.

Navettatyypillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,001$) vaikutus kaikkien tutkittujen sorkkasairauksien esiintymiseen. Vertymiä anturassa esiintyi hiukan enemmän lämmin- kuin kylmäpihatoissa ja vähiten parsinavetoissa (taulukko 5). Valkoviiivan repeämää esiintyi eniten lämminpihatoissa, toiseksi eniten kylmäpihatoissa ja vähiten parsinavetoissa. Erot valkoviiivan repeämien esiintymisessä eri navettatyypeissä olivat suuria, neljästä lähes kahteentoista prosenttiyksikköä. Kantasyöpymää esiintyi eniten lämminpihatoissa, toiseksi eniten kylmäpihatoissa ja vähiten parsinavetoissa. Kylmäpihatoissa kantasyöpymää esiintyi yli kymmenen prosenttiyksikköä enemmän kuin parsinavetoissa ja lämminpihatoissa kantasyöpymää esiintyi lähes viisi prosenttiyksikköä enemmän kuin kylmäpihatoissa. Sorkkakiertymää esiintyi eniten kylmäpihatoissa, toiseksi eniten lämminpihatoissa ja vähiten parsinavetoissa. Navettatyypien väliset erot sorkkakiertymän esiintymisessä olivat kymmenen prosenttiyksikön luokkaa. Kylmäpihatoissa sorkkakiertymää esiintyi yli kaksi prosenttiyksikköä enemmän kuin lämminpihatoissa. Eniten sorkkasairauksia esiintyi lämpimissä pihatoissa ja vähiten parsinavetoissa. Pihattonavetoissa puhtaanapito on työläämpää kuin parsinavetoissa. Parsinavetassa lehmän makuualusta on helpompi pitää puhtaana ja kuivana kuin pihatossa. Lisäksi parsinavetassa lehmien yksilöllinen ruokinta ja hoito on helpompaa kuin pihattonavetassa. Mansken (2002) tutkimuksessa likaiset sorkat, pihattonavetat sekä kovat lattiat olivat tiettyjen sorkkasairauksien riskitekijöitä.

Tuotostasolla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) yhteys kaikkiin tutkittaviin sorkkasairauksiin valkoviivan repeämää lukuun ottamatta. Vertymiä esiintyi eniten korkeatuotoksisilla lehmillä, joilla 305 päivän tuotos yli 11 000 maitokiloa (taulukko 5). Vähiten vertymiä anturassa esiintyi tuotosluokassa, jossa 305 päivän tuotos oli 8 000–9 000, mutta erot matalimpiin tuotosluokkiin eivät olleet kovin suuria. Sorkkakiertymää esiintyi eniten tuotosluokassa, jossa 305 päivän tuotos oli 8 000–9 000 ja vähiten korkeatuotoksisilla (305 päivän maitotuotos yli 11 000 kg) lehmillä, mutta erot tuotosluokkien välillä eivät olleet kovin suuria. Eniten sorkkasairauksia esiintyi paljon lypsävillä lehmillä (305 päivän maitotuotos yli 11 000 kiloa) ja vähiten vähän lypsävillä (305 päivän tuotos alle 6 000 maitokiloa). Korkea maitotuotos rasittaa lehmää ja alentaa lehmän vastustuskykyä. Korkeammalla tuotostasolla ongelmia lehmän energiatasopainossa esiintyy herkemmin kuin matalammalla tuotostasolla. Tämä saattaa johtaa suurempaan sorkkasairausriskiin. Mansken (2002) tutkimuksen mukaan korkeatuotoksisilla lehmillä oli suurempi riski sairastua anturahaavaumaan.

Hoitokertojen lukumäärä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) kaikkien muiden sorkkasairauksien paitsi vertymien esiintymisessä. Lehmillä, joita oli hoidettu 5 kertaa tai useammin kahden vuoden aikana eli useammin kuin 2 kertaa vuodessa oli eniten valkoviivan repeämää, kantasyöpymää, sorkkakiertymää ja sorkkasairauksia yleensä (taulukko 5). Näillä lehmillä todennäköisesti tarvittiin sorkkahoitoa useammin. Esimerkiksi kierresorkkaiset lehmät tarvitsevat sorkkahoitoa yleensä useammin kuin kolme kertaa vuodessa. Vähiten valkoviivan repeämää oli lehmillä, jotka oli hoidettu ainoastaan kerran kahden vuoden aikana. Näillä lehmillä todennäköisesti myös hoidon tarve oli vähäisin. Vähiten kantasyöpymää esiintyi lehmillä, jotka oli hoidettu 4 kertaa kahden vuoden aikana eli keskimäärin 2 kertaa vuodessa. Vähiten sorkkasairauksia esiintyi lehmillä, jotka oli hoidettu 4 kertaa kahden vuoden aikana eli keskimäärin 2 kertaa vuodessa. **Hoitovuodenajalla** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) vaikutus kaikkien tutkittujen sorkkasairauksien esiintymiseen. Vertymiä anturassa esiintyi eniten talvella ja vähiten keväällä (taulukko 5). Valkoviivan repeämää esiintyi eniten syksyllä ja vähiten keväällä. Kantasyöpymää esiintyi eniten talvella ja vähiten syksyllä. Sorkkakiertymää esiintyi eniten kesällä ja vähiten syksyllä. Hoitovuodenajojen väliset erot olivat pieniä. Vähiten sorkkasairauksia esiintyi keväällä hoidetuilla lehmillä ja eniten talvella hoidetuilla lehmillä. Kesällä sorkkasairauksia esiintyi lähes yhtä paljon kuin talvella, syksyllä hieman vähemmän. Hoitovuodenajan merkitystä on vaikea tulkita, koska aineistossa ei ollut tietoa siitä, laidunsivatko tilan lehmät. **Ruokintatyyppi** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) kaikkien muiden sorkkasairauksien paitsi vertymien esiintymisessä. Eniten valkoviivan repeämää esiintyi täysrehulla ruokituilla lehmillä, ero muihin ruokintatyyppiluokkiin oli vajaa kaksi prosenttiyksikköä (taulukko 5). Eniten kantasyöpymää ja sorkkakiertymää esiintyi seosrehuruokituilla lehmillä, ero muihin ruokintatyyppiluokkiin oli noin kolme prosenttiyksikköä. Eniten sorkkasairauksia esiintyi seosrehuruokituilla lehmillä ja vähiten lehmillä, joita oli ruokittu vilja-puolitiivistä -ruokinnalla. Seosrehuruokinta ei mahdollista lehmien yksilöllistä ruokintaa kuten muut ruokintatypit. Väkirehun määrä, säilörehun laatu ja kuidun määrä ruokinnassa vaikuttavat todennäköisesti enemmän sorkkasairausriskiin kuin pelkkä ruokintatyyppi. Ruokintatyyppi saattaaakin kuvata jotain muuta taustalla olevaa karjatekijää, joka altistaa sorkkasairauksille. **Makuualustalla** oli tilastollisesti merkitsevä ($p<0,01$) vaikutus kaikkien tutkittujen sorkkasairauksien esiintymiseen. Eniten vertymiä anturassa, valkoviivan repeämää, kantasyöpymää, sorkkakiertymää ja sorkkasairauksia esiintyi lehmillä kovissa parsissa, joissa käytettiin vain vähän tai ei lainkaan kuivikkeita (taulukko 5). Sorkkasairauksissa ero makuualustan, jossa oli matot tai pal-

jon kuivikkeita ja kovan makuualustan välillä oli yli 4 prosenttiyksikköä. Lehmä makaa mieluummin kuivalla ja pehmeällä alustalla. Lehmän maatessa sorkat saavat levätä. Lisäksi puhdas ja kuiva ympäristö on parempi sorkkaterveyden kannalta (mm. Manske 2002, Somers 2003). **Lantalatyypillä** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) vaikutus kantasyöpymän ja sorkkakiertymän esiintymiseen. Kuivalantanavetoissa kantasyöpymää esiintyi lähes kaksi prosenttiyksikköä enemmän kuin lietalantanavetoissa (taulukko 5). Kuivalantanavetoissa sorkkakiertymää esiintyi prosenttiyksikön enemmän kuin lietalantanavetoissa. **Karjakoolla** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p<0,001$) vaikutus vertymien, kantasyöpymän ja sorkkakiertymän esiintymiseen. Vertymiä esiintyi eniten pienissä 5–20 lehmän karjoissa ja vähiten isoissa, yli 60 lehmän karjoissa, mutta luokkien väliset erot olivat pieniä (taulukko 5). Kantasyöpymää esiintyi eniten isoissa, yli 60 lehmän karjoissa ja vähiten 31–40 lehmän karjoissa. Sorkkakiertymää esiintyi eniten 41–60 lehmän karjoissa ja vähiten pienissä, alle 21 lehmän karjoissa. Isoissa karjoissa puhtaanapito on työläämpää ja eläinten yksilöllinen hoito ja ruokinta vaikeampaa kuin pienissä karjoissa. Myös Wellsin ym. (1999) tutkimuksessa suuri karjakoko oli yhteydessä suurempaan sorkkasairausriskiin.

Tärkeimmät sorkkasairauksia selittävät tekijät olivat navettatyyppi, rotu, lypsykaudenvaihe ja poikimakerta. Lisäksi sorkkahoitajien välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevät erot ($p<0,001$) kaikissa tutkituissa sorkkasairauksissa.

3.3 Periytymisasteiden ja toistumiskertoimien arviot

Periytymisasteet ja toistumiskertoimet arvioitiin toistuvuuseläinmalleilla 2a (taulukko 6) ja 2b (taulukko 7). Lisäksi periytymisasteet arvioitiin eläinmallilla 3 aineistosta, jossa oli vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto (taulukko 8). Periytymisasteiden arviot ja niiden keskivirheet olivat lähes samansuuruisia kaikilla kolmella eri mallilla. Sorkkasairauksien periytymisasteen arviolle mallilla 2a ei saatu keskivirhettä (taulukko 6).

Sorkkahoitajien varianssiosuudet olivat anturahaavaumaa lukuun ottamatta kaikissa sorkkasairauksissa periytymisasteen arvioita suurempia (taulukko 7). Anturahaavaumassa ja valkoviiivan repeämässä sorkkahoitajan varianssiosuus oli pienin, joten näiden sorkkasairauksien diagnosointi on todennäköisesti helpompaa kuin esimerkiksi vertymien, sorkkakiertymän tai kantasyöpymän. Vertymissä sorkkahoitajan varianssiosuus oli suurin, esimerkiksi anturahaavaumaan verrattuna kaksinkertainen. Sorkkahoitajien välisiä eroja voi selittää tulkintaerot siitä kuinka paha vertymän pitää olla, että eläin luokitellaan sairaaksi. Vertymien luokittelua voisi helpottaa kolmiportainen arviointiasteikko, jolloin lievät ja vakavat tapaukset eroteltaisiin toisistaan.

Myös **karjojen varianssiosuudet** olivat kaikissa muissa sorkkasairauksissa kuin anturahaavaumassa ja vertymissä suurempia kuin periytymisasteen arviot (taulukot 6, 7 ja 8). Erittäin suuri karjan varianssiosuus on kantasyöpymässä, joka on tartunnallinen sorkkasairaus ja ennen kaikkea navettaolosuhteista riippuvainen sairaus. Samoin eläin-kohtaisilla pysyvillä ympäristötekijöillä on suurempi osuus fenotyyppisestä varianssista kuin additiivisilla geneettisillä tekijöillä.

Taulukko 6. Sorkkasairauksien fenotyyppiset varianssikomponentit (σ^2_p) sekä karjojen (c^2_k) ja pysyvien ympäristötekijöiden (c^2_{pe}) varianssiosuudet sekä toistumiskertoimien (r), binäärimuuttujien (h^2) ja sorkkasairausalttiuden (h^2_t) periytymisasteiden arviot. Malli 2a.

Sorkkasairaus	σ^2_p	c^2_k	c^2_{pe}	r	$h^2 \pm se$	h^2_t
Vertymät anturassa	0,177	0,04	0,06	0,12	0,06 \pm 0,004	0,11
Valkoviivan repeämä	0,090	0,07	0,16	0,20	0,04 \pm 0,004	0,12
Sorkkakiertymä	0,080	0,10	0,28	0,33	0,05 \pm 0,004	0,15
Kantasyöpymä	0,066	0,24	0,04	0,05	0,01 \pm 0,002	0,03
Anturahaavauma	0,034	0,02	0,11	0,15	0,03 \pm 0,004	0,17
Sorkkasairaudet	0,217	0,10	0,12	0,19	0,07	0,11

Taulukko 7. Sorkkasairauksien fenotyyppiset varianssikomponentit (σ^2_p) sekä sorkka-hoitajien (c^2_s), karjojen (c^2_k) ja pysyvien ympäristötekijöiden (c^2_{pe}) varianssiosuudet sekä toistumiskertoimien (r), binäärimuuttujien (h^2) ja sorkkasairausalttiuden (h^2_t) ja periytymisasteiden arviot. Malli 2b.

Sorkkasairaus	σ^2_p	c^2_s	c^2_k	c^2_{pe}	r	$h^2 \pm se$	h^2_t
Vertymät anturassa	0,196	0,10	0,04	0,06	0,11	0,05 \pm 0,004	0,09
Valkoviivan repeämä	0,094	0,05	0,06	0,16	0,19	0,04 \pm 0,004	0,12
Sorkkakiertymä	0,086	0,07	0,09	0,26	0,30	0,05 \pm 0,004	0,15
Kantasyöpymä	0,071	0,07	0,22	0,04	0,05	0,01 \pm 0,002	0,03
Anturahaavauma	0,034	0,01	0,02	0,11	0,15	0,03 \pm 0,004	0,17
Sorkkasairaudet	0,241	0,09	0,09	0,11	0,17	0,06 \pm 0,005	0,09

Taulukko 8. Sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen fenotyyppiset varianssikomponentit (σ^2_p) ja karjojen (c^2_k) varianssiosuudet sekä periytymisasteiden (h^2) arviot ja sorkkasairausalttiuden periytymisasteen arviot (h^2_t). Malli 3.

Ominaisuus	σ^2_p	c^2_k	$h^2 \pm se$	h^2_t
Vertymät anturassa	0,178	0,04	0,05 \pm 0,005	0,09
Valkoviivan repeämä	0,079	0,07	0,03 \pm 0,004	0,09
Sorkkakiertymä	0,087	0,10	0,04 \pm 0,004	0,11
Kantasyöpymä	0,063	0,25	0,01 \pm 0,002	0,03
Anturahaavauma	0,035	0,02	0,04 \pm 0,005	0,22
Sorkkasairaudet	0,215	0,10	0,06 \pm 0,006	0,10
Maitotuotos	2765144,098	0,29	0,22 \pm 0,008	

Korkein **toistumiskertoimen arvio** saatiin sorkkakiertymälle ja matalin kantasyöpymälle (taulukot 6 ja 7). Huang ja Shanks (1995) saivat sorkkakiertymälle huomattavasti alhaisemman toistumiskertoimen arvion (0,18) ja kantasyöpymälle huomattavasti korkeamman toistumiskertoimen arvion (0,20). Myös valkoviivan repeämän toistumiskertoimen arvio oli Huangin ja Shanksin (1995) tutkimuksessa hieman korkeampi (0,15) kuin tässä tutkimuksessa saatu (0,19–0,20), mutta anturahaavaumalle he saivat hyvin samansuuruisen (0,14) toistumiskertoimen arvion kuin tässä tutkimuksessa saatu (0,15). Lyonsin ym. (1991) tutkimuksessa eri jalka- ja sorkkaongelmien toistumiskertoimien arviot vaihtelivat 0,29–0,62. Lyonsin ym. tutkimuksessa periytymisasteiden tai toistumiskertoimien arvioita ei laskettu erikseen eri sorkkasairauksille. Kun kaikki jalka- ja

sorkkaongelmat yhdistettiin yhdeksi ominaisuudeksi, liikuntaelinten sairaudet, saatiin toistumiskertoimen arvioksi 0,55.

Kaikkien sorkkasairauksien **periytymisasteiden arviot** olivat alhaisia sekä toistuvuuseläinmallilla että eläinmallilla laskettuna. Alhaisin periytymisasteen arvio saatiin kantasyöpymälle (0,01), joka on tartunnallinen sorkkasairaus ja korkein periytymisasteen arvio sorkkasairauksille yhtenä ominaisuutena (0,06–0,07). Periytymisasteiden arviot ovat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissakin tutkimuksissa näille ominaisuuksille saadut periytymisasteiden arviot. Vertymille anturassa (Reurink & Van Arendonk 1987), kantasyöpymälle (Huang & Shanks 1995) ja valkoviivan repeämälle (Koenig ym. 2005) on saatu myös huomattavasti korkeampia periytymisasteen arvioita. Näissä kaikissa kolmessa tutkimuksessa aineiston koko on ollut alle 6 000 eläintä. Van der Waaij ym. (2005) saivat valkoviivan repeämälle alhaisemman periytymisasteen arvion (0,02), mutta vertymille anturassa vastaavasti korkeamman periytymisasteen arvion (0,08) kuin tässä tutkimuksessa näille ominaisuuksille saadut periytymisasteen arviot. Jalka- ja sorkkavioille yhtenä ominaisuutena saadut periytymisasteen arviot ovat vaihdelleet 0,01–0,11 (Lyons ym. 1991, Nielsen ym. 2000, Zwald ym. 2004).

Tässä tutkimuksessa käytettiin vertailuominaisuutena 305 päivän maitotuotosta ja sille saatiin periytymisasteen arvioksi 0,22 ($\pm 0,008$) (taulukko 8). Vastaavaan tulokseen on päädytty myös joissakin aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Dematawewa ja Berger 1998, Carlén ym. 2004). Yleensä 305 päivän maitotuotokselle saadut periytymisasteen arviot ovat kuitenkin olleet noin 0,30 (mm. Ahlborn ja Dempfle 1992, Van Dorp ym. 1998, Ojango ja Pollot 2001, Guo ym. 2002) eli tässä tutkimuksessa saatu periytymisasteen arvio on todennäköisesti liian alhainen. Maitotuotoksen varianssikomponenttien arviointiin tässä tutkimuksessa käytetty malli oli puutteellinen, koska siinä olivat kiinteinä tekijöinä ainoastaan rotu ja poikimakerta sekä satunnaistekijöinä karja ja eläin.

Kun sorkkasairauksien periytymisasteiden arviot muutettiin taustamuuttujien eli sorkkasairausalttiuden periytymisasteiden arvioksi, matalin periytymisasteen arvio oli edelleen kantasyöpymällä (0,03). Korkeimmat taustamuuttujan periytymisasteen arviot saatiin anturahaavaumalle ja sorkkakiertymälle (taulukot 6, 7 ja 8).

Boelling ja Pollot (1998) saivat liikuntakyvyille binäärisenä ominaisuutena periytymisasteen arvioksi 0,01 ja kun tämä binäärimuuttujan periytymisaste muutettiin sorkkasairausalttiutta kuvaavan taustamuuttujan periytymisasteen arvioksi, saatiin tulokseksi 0,10. Brotherstone ym. (1990) saivat kierresorkalle, arvosteltuna binäärisenä ominaisuutena, periytymisasteen arvioksi 0,01. Kun periytymisasteen arvio muutettiin taustamuuttujan periytymisasteen arvioksi, saatiin arvioksi 0,07 ($\pm 0,03$), joka on huomattavasti alhaisempi kuin tässä tutkimuksessa sorkkakiertymälle saatu periytymisasteen arvio (0,15). Brotherstonen ym. (1990) tutkimuksessa oli kuitenkin ainoastaan ensikkoja ja kierresorkkaa esiintyi vain noin 1,5 prosentilla ensikoista. Myös Huang ja Shanks (1995) saivat kierresorkalle alhaisemman periytymisasteen arvion kuin tässä tutkimuksessa saatiin sorkkakiertymälle. Heidän tutkimuksessaan oli ainoastaan yhden karjan lemmiä ja lopullisen aineiston havainnot olivat vain 814 lehmältä. Huangin ja Shanksin (1995) tutkimuksessa kierresorkka oli arvioitu asteikolla 1–5.

3.4 Geneettiset ja fenotyyppiset korrelaatiot

Geneettiset ja fenotyyppiset korrelaatiot sorkkasairauksien välillä sekä sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen välillä on esitetty taulukossa 9. Korrelaatiot laskettiin kaksi ominaisuutta kerrallaan eläinmallilla 3 aineistosta, jossa oli jokaiselta eläimeltä vain ensimmäinen havainto.

Sorkkasairauksien väliset korrelaatiot

Sorkkasairauksien väliset **geneettiset korrelaatiot** olivat positiivisia lukuun ottamatta valkoviivan repeämän ja kantasyöpymän välistä geneettistä korrelaatiota, joka oli lievästi negatiivinen, mutta keskivirhe huomioiden käytännössä nolla (taulukko 9). Muutoin keskivirheet olivat saatuja geneettisiä korrelaatioita matalampia.

Taulukko 9. Sorkkasairauksien sekä sorkkasairauksien ja maitotuotoksen väliset geneettiset korrelaatiot keskivirheineen (yläkolmio) ja fenotyyppiset korrelaatiot (alakolmio).

	Vertymät anturassa	Valkoviivan repeämä	Sorkkakiertymä	Kantasyöpymä	Anturahaavauma	Maitotuotos
Vertymät anturassa		0,46 (±0,07)	0,29 (±0,07)	0,07 (±0,07)	0,58 (±0,06)	0,07 (±0,05)
Valkoviivan repeämä	0,73		0,24 (±0,08)	-0,04 (±0,10)	0,79 (±0,05)	0,13 (±0,06)
Sorkkakiertymä	0,48	0,75		0,18 (±0,10)	0,34 (±0,07)	-0,20 (±0,05)
Kantasyöpymä	0,46	0,29	0,48		0,08 (±0,11)	-0,12 (±0,08)
Anturahaavauma	0,85	1,00	0,66	0,17		0,27 (±0,06)
Maitotuotos	0,08	0,00	-0,29	-0,14	0,08	

Vertymien anturassa ja valkoviivan repeämän geneettinen korrelaatio ($0,46 \pm 0,07$) on hieman korkeampi kuin van der Waaij ym. (2005) tutkimuksessaan saama korrelaatio ($0,30 \pm 0,21$). Vertymien anturassa ja anturahaavauman geneettinen korrelaatio ($0,58 \pm 0,06$) on huomattavasti alhaisempi kuin Smit ym. (1986) ja van der Waaij ym. (2005) tutkimuksissaan saamat geneettiset korrelaatiot ($0,89 \pm 0,21$ ja $0,81 \pm 0,26$). Valkoviivan repeämän ja anturahaavauman geneettinen korrelaatio ($0,79 \pm 0,05$) oli alhaisempi kuin Van der Waaijin ym. (2005) saama geneettinen korrelaatio ($0,95 \pm 0,15$) ja korkeampi kuin Koenigin ym. (2005) saama geneettinen korrelaatio ($0,44 \pm 0,12$).

Vertymien anturassa ja sorkkakiertymän väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi saatiin $0,29 (\pm 0,07)$. Vertymien anturassa ja kantasyöpymän välinen geneettinen korrelaatio oli käytännössä 0 (taulukko 9). Valkoviivan repeämän geneettinen korrelaatio sorkkakiertymään oli $0,24 (\pm 0,08)$ ja kantasyöpymään $-0,04 (\pm 0,10)$. Sorkkakiertymän geneettinen korrelaatio kantasyöpymään oli $0,18 (\pm 0,10)$ ja anturahaavaumaan $0,34 (\pm 0,07)$. Kan-

tasyöpymän ja anturahaavauman välinen geneettinen korrelaatio oli 0,08 ($\pm 0,11$). Näiden ominaisuuksien välisiä geneettisiä korrelaatioita ei löytynyt kirjallisuudesta.

Anturahaavauman geneettiset korrelaatiot vertymiin, valkoviivan repeämään ja sorkkakiertymään sekä sorkkakiertymän geneettiset korrelaatiot vertymiin ja valkoviivan repeämään ja vertymien ja anturahaavauman välinen geneettinen korrelaatio olivat kohdallaisen suuria ja positiivisia. Näin ollen näillä sorkkasairauksilla vaikuttaisi olevan geneettinen yhteys eli jos eläimellä on perinnöllinen alttius sairastua esimerkiksi anturahaavaumaan, sillä on todennäköisesti perinnöllinen alttius sairastua myös valkoviivan repeämään.

Sorkkasairauksien väliset **fenotyyppiset korrelaatiot** olivat kaikki positiivisia (taulukko 9). Korkein fenotyyppinen korrelaatio saatiin valkoviivan repeämän ja anturahaavauman välille (1,00). Muissa tutkimuksissa näiden ominaisuuksien väliset fenotyyppiset korrelaatiot ovat olleet huomattavasti alhaisempia. Huang ym. (1995) saivat valkoviivan repeämän ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,26, Manske ym. (2002) 0,05, Holzhauer ym. (2004) 0,12 ja Van der Waaij ym. (2005) 0,09 ($\pm 0,01$).

Toiseksi korkein fenotyyppinen korrelaatio (0,85) saatiin vertymien anturassa ja anturahaavauman välille. Tämä on huomattavasti korkeampi kuin muissa tutkimuksissa näiden ominaisuuksien välille saadut fenotyyppiset korrelaatiot. Smit ym. (1986) saivat vertymien anturassa ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,47, Manske ym. (2002) 0,26, Holzhauer ym. (2004) 0,11 ja van der Waaij ym. (2005) 0,08 ($\pm 0,01$).

Vertymien anturassa ja valkoviivan repeämän fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,73, joka on huomattavasti korkeampi kuin muissa tutkimuksissa. Manske ym. (2002) ovat saaneet näiden ominaisuuksien väliseksi fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,06 ($\pm 0,01$), Holzhauer ym. (2004) 0,15 ja Van der Waaij ym. (2005) 0,10.

Sorkkakiertymän ja valkoviivan repeämän fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,75. Huang ym. (1995) saivat kierresorkan ja valkoviivan repeämän väliseksi fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,23. Sorkkakiertymän ja anturahaavauman väliseksi fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,66. Huang ym. (1995) saivat kierresorkan ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,20 ja Manske ym. (2002) epänormaalin sorkan muodon ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,41. Sorkkakiertymän ja kantasyöpymän fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,48. Huang ym. (1995) saivat kierresorkan ja kantasyöpymän fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,20. Huang ym. (1995) tutkimuksessa kierresorkka oli luokiteltu asteikolla 1–5.

Kantasyöpymän ja valkoviivan repeämän fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,29. Huang ym. (1995) saivat kantasyöpymän ja valkoviivan repeämän fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,28 ja Manske ym. (2002) 0,05. Kantasyöpymän ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,17. Huang ym. (1995) saivat kantasyöpymän ja anturahaavauman fenotyyppiseksi korrelaatioksi 0,25 ja Manske ym. (2002) 0,12. Vertymien ja kantasyöpymän väliseksi fenotyyppiseksi korrelaatioksi saatiin 0,46, mikä on huomattavasti korkeampi kuin Mansken ym. (2002) tutkimuksessa (0,09). Vertymien anturassa fenotyyppinen korrelaatio sorkkakiertymään oli 0,48. Vertymien ja kierresorkan välistä fenotyyppistä korrelaatiota ei löytynyt kirjallisuudesta.

Sorkkasairauksien korrelaatiot maitotuotokseen

Sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen väliset **geneettiset korrelaatiot** olivat melko alhaisia (taulukko 9). Vertymien anturassa ja 305 päivän maitotuotoksen geneettiseksi korrelaatioksi saatiin tässä tutkimuksessa 0,07 ($\pm 0,05$). Myös valkoviivan repeämän ja anturahaavauman geneettiset korrelaatiot 305 päivän maitotuotokseen olivat positiivisia eli epäsuotuisia (taulukko 9). Valkoviivan repeämän korrelaatio maitotuotokseen oli 0,13 ($\pm 0,06$) ja anturahaavauman 0,27 ($\pm 0,06$). Kantasyöpymän ja sorkkakiertymän geneettiset korrelaatiot maitotuotokseen olivat negatiivisia eli suotuisia. Kantasyöpymän geneettinen korrelaatio maitotuotokseen oli -0,12 ($\pm 0,08$) ja sorkkakiertymän -0,20 ($\pm 0,05$).

Anturahaavauman ja valkoviivan repeämän geneettinen korrelaatio 305 päivän maitotuotokseen oli positiivinen eli epäsuotuisa. Näin ollen korkeatuotoksisilla lehmillä on suurempi alttius sairastua anturahaavaumaan ja valkoviivan repeämään. Korrelaatiot olivat kuitenkin melko alhaisia. Sorkkakiertymällä oli negatiivinen eli suotuisa geneettinen korrelaatio 305 päivän maitotuotokseen. Korkeatuotoksisilla lehmillä on siis tämän tutkimuksen perusteella harvemmin sorkkakiertymää.

Kaikissa aiemmissa tutkimuksissa saadut geneettiset korrelaatiot tuotosominaisuuksien ja sorkka- ja jalkasairauksien välillä ovat olleet positiivisia eli epäsuotuisia. Toisin sanoen mitä parempi maidontuotantokyky eläimellä on, sitä suurempi on myös eläimen geneettinen sorkkasairausalttius. Koenig ym. (2005) saivat sorkka-alueen ihotulehduksen ja maitotuotoksen väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi 0,24, anturahaavauman geneettinen korrelaatio maitotuotokseen oli tutkimuksessa 0,06 ja valkoviivan repeämän 0,27. Koenigin ym. (2005) tutkimuksessa maitotuotos oli lehmien poikimista seuraavien kahden ensimmäisen koelypsypäivän maitomäärän keskiarvo.

Lyonsin ym. (1991) tutkimuksessa liikuntaelinten sairauksien geneettinen korrelaatio maitotuotokseen oli 0,48 ja rasvatuotokseen 0,45 eli tuotosominaisuuksien parantuessa liikuntaelinten sairaudet lisääntyvät. Van Dorp ym. (1998) saivat ontumisen ja 305 päivän maitotuotoksen väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi 0,24. Uribe ym. (1995) laskevat korrelaatioita tuotosominaisuuksien ja jalkavioista johtuvan poiston välille. Tuotosominaisuudet, 305 päivän maitotuotos, rasvatuotos ja valkuaistuotos sekä rasva- ja valkuaisprosentti, olivat siltä lypsykaudelta, jonka aikana lehmä poistettiin. Jalkavikojen takia tehdyillä poistoilla oli positiivinen geneettinen korrelaatio kaikkiin tuotosominaisuuksiin, eli kun tuotosominaisuudet paranevat, poistoriski kasvaa. Suurin geneettinen korrelaatio oli maitotuotokseen, 0,27, ja pienin valkuaisprosenttiin, 0,07.

Tässä tutkimuksessa sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen väliset **fenotyypiset korrelaatiot** olivat hyvin lähellä nollaa (vertymillä anturassa ja anturahaavauksella 0,08, valkoviivan repeämällä 0) tai negatiivisia. Sorkkakiertymän fenotyypinen korrelaatio 305 päivän maitotuotokseen oli -0,29 ja kantasyöpymän -0,14.

Lyonsin ym. (1991) tutkimuksessa liikuntaelinten sairauksien fenotyypinen korrelaatio maitotuotokseen oli 0,06 ja rasvatuotokseen 0,05. Van Dorp ym. (1998) saivat ontumisen ja 305 päivän maitotuotoksen fenotyypiseksi korrelaatioksi 0,04. Jalkavikojen aiheuttaman poiston fenotyypiset korrelaatiot maitotuotokseen olivat Uriben ym. (1995) tutkimuksessa negatiivisia (-0,25 – -0,10). Reurinkin ja Van Arendonkin (1987) mukaan piilevällä sorkkakuumeella oli heikko positiivinen fenotyypinen yhteys maitotuotokseen.

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän työn tavoitteena oli tutkia sorkkasairauksien periytyvyyttä sekä sorkkasairaus-riskiin vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusaineisto saatiin Terveet Sorkat -ohjelmasta, johon liittyminen on vapaaehtoista. Sorkkasairaudet (vertymiä anturassa, krooninen sorkka-kuume, valkoviivan repeämä, anturahaavauma, sorkkavälin ihotulehdus, kantasyöpymä, sorkka-alueen ihotulehdus ja sorkkakiertymä) oli luokiteltu aineistossa binäärisinä (kyllä/ei) ominaisuuksina.

Lopullisessa aineistossa vertymiä anturassa oli havaittu 30,0 prosentilla eläimistä, kroonista sorkkakuumetta 1,4, valkoviivan repeämää 9,0, anturahaavaumaa 3,7, sorkkavälin ihotulehdusta 0,6, kantasyöpymää 7,8, sorkka-alueen ihotulehdusta 0,1, sorkkakiertymää 10,0 ja muita sorkkasairauksia 0,7 prosentilla eläimistä. Havainnoista 54,8 prosenttia oli terveistä eläimistä. Yksi tai useampi sorkkasairaus oli 45,8 prosentilla eläimistä.

Kiinteiden tekijöiden vaikutusta tutkittiin sorkkasairauksista, joiden yleisyys oli yli viisi prosenttia ja lisäksi tutkittiin kaikkia sorkkasairauksia yhtenä ominaisuutena.

Kiinteiden tekijöiden tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin F-testillä ja lisäksi logit-mallilla SAS-ohjelmistolla, koska binäärimuuttujan analysoiminen rikkoo lineaarimallin oletuksia. Kiinteiden tekijöiden tilastolliset merkitsevyydet olivat hyvin samansuuruisia sekä LS- että logit-malleilla tutkittuna kaikissa tutkituissa sorkkasairauksissa. Poikimaker-ta, hoitovuodenaika, navettatyyppi, makuualustan tyyppi ja sorkkahoitaja olivat ti-lastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,001$) kaikissa sorkkasairauksissa. Myös rotu oli tilastollisesti erittäin merkitsevä kaikissa muissa sairauksissa paitsi kantasyöpymässä. Suurimmat poikkeamat olivat navettatyyppi-, rotu-, lypsykaudenvaihe- ja poikimaker-taluokkien välillä.

Kaikkia sorkkasairauksia esiintyi huomattavasti vähemmän parsinavetoissa kuin pihat-toissa, vaikka pihattoja pidetäänkin yleensä eläinystävällisempänä navettatyyppinä. Parsinavetoissa puhtaanapito on helpompaa kuin pihattonavetoissa. Lisäksi parsinave-tassa on mahdollisuus eläinten yksilölliseen hoitoon ja ruokintaan.

Ruokintatyyppi voi epäsuorasti ilmentää jonkin muun taustatekijän vaikutusta sorkka-sairausalttiuteen. Väkiherumäärillä, väkirehun koostumuksella tai yleisesti ruokinnan tasapainolla on todennäköisesti suurempi vaikutus sorkkasairauksien esiintymiseen kuin pelkällä ruokintatyyppillä. Tuotostaso ja lypsykaudenvaihe ilmentävät epäsuorasti väki-rehumäärää, energiatasapainoa ja tuotosrasitusta. Yleisesti ottaen sorkkasairauksia esiintyi eniten alkulypsykaudella ja korkeatuottoisimmilla lehmillä, mutta näin ei ollut kaikkien sorkkasairauksien kohdalla. Vertymiä anturoissa oli selvästi eniten herumis-huipun jälkeen eli vertymät näyttäisivät liittyvän lehmän energiatasapainoon ja siinä esiintyviin ongelmiin. Tähän tuotantokauden vaiheeseen liittyvät myös lehmien hedel-mällisyyshäiriöt ja aineenvaihduntasairauksista muun muassa ketoosi.

Ensikoiden huonoa sorkkaterveyttä selittää mahdollisesti ensimmäisen poikimisen aihe-uttama tuotantorasisitus ja ensimmäiseen poikimiseen liittyvä olosuhteiden ja ruokinnan muutos. Ensikot myös kasvavat vielä ensimmäisen tuotantokautensa aikana. Sorkka-kiertymää esiintyi sitä vähemmän, mitä useammin lehmä oli poikanut. Tämä selittynee

sillä, että sorkkakiertymä on selvästi havaittavissa oleva vika ja siitä kärsivät eläimet karsitaan muita herkemmin.

Tietyn ympäristötekijän vaikutus yhteen sorkkasairauteen saattaa olla täysin päinvastainen kuin johonkin toiseen sorkkasairauteen tai ympäristötekijällä ei ole lainkaan vaikutusta toiseen sorkkasairauteen. Tämän perusteella voidaan päätellä sorkkasairauksien olevan taustaltaan selvästi eri ominaisuuksia.

Sorkkasairauksien periytymisasteiden arviointiin tarvittavat varianssikomponentit laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML)-menetelmällä, joka on tarkoitettu varianssikomponenttien arvioimiseen normaalisti jakautuneille muuttujille. Sorkkasairaudet oli kuitenkin tutkimusaineistossa luokiteltu binäärisinä, 0/1-muuttujina. Sorkkasairaudet eivät siis olleet normaalisti jakautuneita, jatkuvia muuttujia. Teoreettisesti oikeampi tapa arvioida tällaisten ominaisuuksien varianssikomponentteja olisi ollut kynnysarvomallin käyttö lineaarimallin sijaan. Muiden tutkimusten perusteella kynnysarvomallin käytöllä ei välttämättä olisi saatu tälle tutkimukselle lisäarvoa. Huang ja Shanks (1995) sekä van der Waaij ym. (2005) raportoivat tutkimuksissaan, että sorkkasairauksien periytymisasteiden arviot olivat hyvin samansuuruisia lineaari- ja kynnysarvomalleilla. Boettcher ym. (1998) saivat kuitenkin liikuntakyvyille yli kaksi kertaa suuremman periytymisasteen arvion kynnysarvomallilla kuin lineaarimallilla.

Abdel-Azimin ja Bergerin (1999) simulaatiotutkimuksen mukaan logaritmi- tai logaritmi-muunnokseen perustuvan Snell-muunnoksen tekeminen kategoriselle aineistolle tarkoittaa periytymisasteiden arvioita lähemmäs oikeaa arviota verrattuna raaka-aineistoon. Kynnysarvomallilla saatiin Abdel-Azimin ja Bergerin (1999) tutkimuksessa huomattavasti tarkempia (ja korkeampia) periytymisasteiden arvioita. Ominaisuuden arvosteluasteikon laajentaminen kaksiluokkaisesta viisi- tai kymmenluokkaiseksi paransi simulaatiotutkimuksessa periytymisasteiden estimaatteja kaikilla malleilla, myös kynnysarvomallilla.

Tässä tutkimuksessa binäärimuuttujien periytymisasteiden arviot muutettiin oletetun taustalla olevan normaalisti jakautuneen sorkkasairausalttiuden periytymisasteen arvioksi käyttämällä Falconerin (1989) esittämää kaavaa. Tätä tapaa ovat käyttäneet sorkkasairauksien periytymisasteiden arvioinnissa myös Brotherstone ym. (1990) ja Boelling ja Pollot (1998).

Periytymisasteet ja toistumiskertoimet arvioitiin toistuvuuseläinmalleilla sekä eläinmallilla aineistosta, jossa oli vain jokaisen eläimen ensimmäinen havainto. Periytymisasteiden arviot ja niiden keskivirheet olivat lähes samansuuruisia kaikilla kolmella eri mallilla. Toistuvuuseläinmallilla, jossa karja oli kiinteänä tekijänä, saatiin seuraavia periytymisasteiden arvioita: vertymät anturassa 0,05, valkoviivan repeämä 0,04, sorkkakiertymä 0,05, kantasyöpymä 0,01, anturahaavauma 0,03 ja sorkkasairaudet yhtenä ominaisuutena 0,06. Periytymisasteiden arvioiden keskivirheet olivat 0,002–0,005 kaikille sorkkasairauksille. Tällä perusteella saatuja periytymisasteiden arvioita voidaan pitää luotettavina.

Sorkkasairauksien periytymisasteiden arviot muutettuna taustamuuttujien periytymisasteiden arvioksi olivat seuraavia: vertymät anturassa 0,11, valkoviivan repeämä 0,12, sorkkakiertymä 0,15, kantasyöpymä 0,03, anturahaavauma 0,17 ja sorkkasairaudet yhtenä ominaisuutena 0,09.

Sorkkasairauksille saadut toistumiskertoimien arviot vaihtelivat 0,05–0,33. Suurin toistumiskertoimen arvio oli sorkkakiertymällä ja pienin kantasyöpymällä.

Sorkkahoitajien varianssiosuudet olivat anturahaavaumaa lukuun ottamatta kaikissa sorkkasairauksissa periytymisasteen arvioita suurempia. Sorkkahoitajien välisiä eroja voisi, ainakin joidenkin sorkkasairauksien kohdalla, pienentää kolmiportainen arviointiasteikko, jolloin lievät ja vakavat tapaukset eroteltaisiin toisistaan.

Myös karjojen varianssiosuudet olivat kaikissa muissa sorkkasairauksissa kuin anturahaavaumassa ja vertymissä suurempia kuin periytymisasteen arviot. Samoin eläinkohdaisilla pysyvillä ympäristötekijöillä on suurempi osuus fenotyypisistä varianssista kuin additiivisilla geneettisillä tekijöillä.

Tämän tutkimuksen sekä aiempien tutkimusten perusteella perimän osuus sorkkasairauksiin ei ole kovin suuri. Sorkkasairauksien ennaltaehkäisyssä tulisi kiinnittää erityistä huomiota navetan olosuhteisiin, säännölliseen sorkkahoitoon ja oikeaan ruokintaan. Sorkkasairaudet periytyvät jonkin verran, joten valinnalla on mahdollista parantaa eläinten sorkkaterveyttä. Koska sorkkasairaudet eivät ole voimakkaasti periytyviä, ei lehmävalinnalla niiden fenotyypin perusteella saavuteta juurikaan perinnöllistä edistymistä sorkkaterveydessä. Keinosiemennyssonneille olisi kuitenkin jälkeläisarvostelun perusteella mahdollista saada kohtalaisen luotettavat ennusteet sorkkaterveyden jalostusarvoista.

Eläinten valintaa suoraan niiden sorkkaterveyden perusteella vaikeuttaa, että joitakin sorkkasairauksia esiintyy, etenkin nuorilla eläimillä, vain vähän. Eläinlääkärit hoitavat sorkkasairauksia vain harvoin, joten sorkkasairauksista on saatavana tuotosseurannassa tieto vain, jos se on aiheuttanut eläimen poistamisen. Lisäksi joidenkin sorkkasairauksien tunnistaminen on erittäin vaikeaa ja siksi luotettavien tietojen saaminen sorkkasairauksista on hankalaa.

Terveet Sorkat -ohjelmasta olisi mahdollista saada sellaista tietoa sorkkasairauksista, jota voitaisiin hyödyntää laskettaessa sonneille sorkkaterveyden jalostusarvojen ennusteita. Sorkkasairauksia arvioitaessa olisi kuitenkin hyödyllistä käyttää ainakin kolmi-luokkaista arvosteluasteikkoa eli erotella lievät ja vakavat sorkkasairaustapaukset toisistaan.

Korrelaatiot laskettiin kaksi ominaisuutta kerrallaan eläinmallilla aineistosta, jossa oli jokaiselta eläimeltä vain ensimmäinen havainto. Sorkkasairauksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat positiivisia lukuun ottamatta valkoviivan repeämän ja kantasyöpymän välistä geneettistä korrelaatiota, joka oli lievästi negatiivinen, mutta keskivirhe huomioiden käytännössä nolla. Muiden sorkkasairauksien geneettisten korrelaatioiden keskivirheet olivat saatuja geneettisiä korrelaatioita matalampia.

Sorkkasairauksien väliset fenotyypiset korrelaatiot olivat kaikki positiivisia. Korkein fenotyypinen korrelaatio oli anturahaavauman ja valkoviivan repeämän välillä. Matalin fenotyypinen korrelaatio oli kantasyöpymän ja anturahaavauman välillä 0,17. Sorkkasairauksia esiintyykin usein lehmällä useampia yhtä aikaa.

Vertymien anturassa ja 305 päivän maitotuotoksen väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi saatiin tässä tutkimuksessa 0,07 ($\pm 0,05$). Myös valkoviivan repeämän ja anturahaavauman geneettiset korrelaatiot 305 päivän maitotuotokseen olivat positiivisia eli epäsuotuisia. Valkoviivan repeämän korrelaatio maitotuotokseen oli 0,13 ($\pm 0,06$) ja anturahaavauman 0,27 ($\pm 0,06$). Kantasyöpymän ja sorkkakiertymän geneettiset korrelaatiot maitotuotokseen olivat negatiivisia eli suotuisia. Kantasyöpymän geneettinen korrelaatio maitotuotokseen oli -0,12 ($\pm 0,08$) ja sorkkakiertymän -0,20 ($\pm 0,05$).

Muissa tutkimuksissa sorkkasairauksien ja tuotosominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot ovat olleet positiivisia eli epäsuotuisia. Toisin sanoen kun parannetaan geneettisesti tuotosominaisuuksia, heikennetään samalla lehmien perinnöllistä sorkkasairauksien vastustuskykyä.

Tässä tutkimuksessa sorkkasairauksien ja 305 päivän maitotuotoksen fenotyyppiset korrelaatiot olivat hyvin lähellä nollaa (vertymillä anturassa ja anturahaavaumalla 0,08, valkoviivan repeämällä 0) tai negatiivisia. Sorkkakiertymän fenotyyppinen korrelaatio 305 päivän maitotuotokseen oli -0,29 ja kantasyöpymän -0,14.

Jatkotutkimuksissa voitaisiin käyttää lehmän energiatasapainon mittareina sorkkahoitopäivää lähimmän koelypsypäivän maitomäärää, maidon valkuais- ja rasvapitoisuuksia sekä ureaa. Maidon valkuais-, rasva- ja ureapitoisuuden sekä maidon valkuais- ja rasvapitoisuuksien suhteen perusteella voitaisiin tutkia ovatko aineenvaihdunnalliset sorkkasairaudet, kuten sorkkakuumet ja valkoviivan repeämä, mahdollisesti yhteydessä lehmän heikentyneeseen energiatasapainoon. Erittäin alhainen maidon rasvapitoisuus merkitsee yleensä hapanta pötsiä, jonka uskotaan olevan yhteydessä sorkkakuumeeeseen (mm. Rautala 1991).

Jatkossa voitaisiin myös tutkia soluluvun sekä muiden sairauksien yhteyksiä sorkkasairauksiin. Lisäksi tulisi tutkia myös lehmien koon ja rakenneominaisuuksien, lähinnä jalkarakenteen ja jalka-asentojen, yhteyksiä sorkkasairauksiin.

Kiitokset

Innoituksen tähän tutkimukseen antoivat karjanomistajat ja sorkkahoitajat, joita kiinnostaa perimän osuus sorkkasairauksien synnyssä ja sorkkasairauksien ennaltaehkäisy.

Tämän tutkimuksen mahdollisti Suomen Sorkkahoitajien Yhdistyksen, Suomen Rehun ja Vetman Oy:n Terveet Sorkat -ohjelma, jonka puitteissa sorkkahoitajat ovat koonneet mittavan aineiston suomalaisten lypsylehmien sorkkaterveydestä.

Erittäin suuret kiitokset kaikille sorkkahoitajille, jotka tekevät tärkeää työtä ja ovat jaksaneet lisäksi tehdä merkintöjä hoitamistaan sorkista. Kiitokset myös karjanomistajille, jotka ovat luovuttaneet eläintensä tiedot tutkimuskäyttöön.

Suomen Rehulle kiitokset mahdollisuudesta käyttää aineistoa. Erityiskiitokset Kari Hissalle avusta ja mielenkiinnosta tutkimukseen. Kiitokset myös Maarit Ilolalle ja kaikille Terveet SorkatTM-ohjelman parissa työskenteleville.

Minna Kujalalle kiitokset perehdyttämisestä sorkkaterveyteen ja avusta tekstin korjailussa sekä innostuksesta ja luottamuksesta.

Veijo Vilvalle kiitos avusta aineistojen yhdistämisessä ja aineiston esikäsittelyssä sekä kaikista hyvistä ohjeista eri tietokoneohjelmia koskien.

Matti Ojalalle kiitos pro gradu -työn ohjauksesta, avusta tekstin muokkaamisessa ja kaikista neuvoista ja ideoista.

Kaikille opiskelukavereille, erityisesti Minnalle, Anniinalle, Hannelelle, Marikalle ja Eevakaisalle, kiitos henkisestä tuesta ja rohkaisusta. Ilman teitä graduni ei olisi tullut ikinä valmiiksi!

Rahallisesta tuesta haluan kiittää Suomen Kulttuurirahaston Keski-Pohjanmaan rahastoa, Oiva Kuusiston Säätiötä sekä Suomen Ayrshiresäätiötä.

Kirjallisuus

- ABDEL-AZIM, G.A. & BERGER, P.J. 1999. Properties of threshold model predictions. *Journal of Animal Science* 77: 582–590.
- AHLBORN, G. & DEMPFLER, L. 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. *Livestock Production Science* 31: 205–219.
- ALBAN, L. 1995. Lameness in Danish dairy cows: frequency and possible risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 22: 213–225.
- BELL, N.J., BELL, M.J., WHAY, H.R., MAIN, D.C., KNOWLES, T.G. & WEBSTER, A.J.F. 2004. Assessment of prevalence, treatment and control of lameness-related diseases in dairy heifers on 30 farms in Southwest Britain. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 16.1.2006] Saatavilla www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>> ss.39–40.
- BERGSTEN, C. 1997. Infectious diseases of the digits. Teoksessa: Greenough, P.R. & Weaver, A.D. (toim.). 1997. *Lameness in cattle*. 3. painos. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. ss.89–100.
- BLOWEY, R.W. 1993. *Cattle lameness and hoofcare: An Illustrated Guide*. 1. painos. Farming Press Ltd, Ipswich, UK. 85s.
- BLOWEY, R.W. & WEAVER, A.D. 2003. *Color atlas of diseases and disorders of cattle*. 2. painos. Elsevier Science Ltd, Edinburgh, UK. 218s.
- BLOWEY, R.W., GREEN, L.E., COLLIS, V.J. & PACKINGTON, A.J. 2004. The effect of season and stage of lactation on lameness in 900 dairy cows. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 21.1.2005] Saatavilla www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>> ss.43–45.
- BOELLING, D. & POLLOT, G.E. 1998. Locomotion, lameness, hoof and leg traits in cattle II. Genetic relationships and breeding values. *Livestock Production Science* 54: 205–215.
- BOELLING, D., MADSEN, P. & JENSEN, J. 2001. Genetic parameters of foot and leg traits in future AI bulls. I. Influence of age at recording and classifier. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science* 51: 114–121.
- BOETTCHER, P.J., DEKKERS, J.C.M., WARNICK, L.D. & WELLS, S.J. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81: 1148–1156.
- BROTHERSTONE, S., MCMANUS, C.M. & HILL, W.G. 1990. Estimation of genetic parameters for linear and miscellaneous type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *Livestock Production Science* 26: 177–192.
- CAPION, N. & ENEVOLDSEN, C. 2004. A cross-sectional study of claw lesions and risk factors in Danish Holsteins. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 31.12.2005] Saatavilla www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf <URL: <http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>> ss.24–25.
- CARLÉN, E., STRANDBERG, E. & ROTH, A. 2004. Genetic Parameters for Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, and Production in the First Three Lactations of Swedish Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 87: 3062–3070.

- COLLICK, D. W. 1997. Heel horn erosion. Teoksessa: Greenough, P.R. & Weaver, A.D. (toim.). 1997. Lameness in cattle. 3. painos. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. ss.89–100.
- DEMATAWEWA, C.M.B. & BERGER, P.J. 1998. Genetic and phenotypic parameters for 305-day yield, fertility and survival in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 81: 2700–2709.
- FALCONER, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. 3. painos. Longman. Essex, England. 438s.
- GUO, Z., LUND, M.S., MADSEN, P., KORSGAARD, I. & JENSEN, J. 2002. Genetic parameter estimation for milk yield over multiple parities and various lengths of lactation in Danish Jerseys by random regression models. *Journal of Dairy Science* 85: 1596–1606.
- GROENEFELD, E. 1990. PEST user's manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre, Germany. 73s.
- GROENEFELD, E. 1997. VCE4 user's guide and reference manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre, Germany. 49s.
- HOLZHAUER, M., BORNE, B.H.P. van den, GRAAT, E.A.M. & BARTELS, C.J.M. 2004. Preliminary results of prevalence and correlations between major rear claw disorders in 348 Dutch dairy herds. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 17.1.2006] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>](http://www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf) ss.40–43.
- HUANG, Y.C. & SHANKS, R.D. 1995. Within herd estimates of heritabilities for six hoof characteristics and impact of dispersion of discrete severity scores on estimates. *Livestock Production Science* 44: 107–114.
- HUANG, Y.C, SHANKS, R.D. & MCCOY, G.C. 1995. Evaluation of fixed factors affecting hoof health. *Livestock Production Science* 44: 115–124.
- HUBER, J., STANEK, C. & TROXLER, J. 2004. Effects of regular claw trimming in different housing systems. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 17.1.2006] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>](http://www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf) ss.116–117.
- JANKKO, M. 2002. Terveillä sorkilla kestävä lehmä. *Kotieläin* 1: 10–11.
- JANKKO, M. 2003. Ajankohtaista sorkkahoidosta. *Kotieläin* 1: 10–11.
- KOENIG, S., SHARIFI, A.R., WENTROT, H., LANDMANN, D., EISE, M. & SIMIANER, H. 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. *Journal of Dairy Science* 88: 3316–3325.
- KUJALA, M. 2004. Terveet Sorkat 2003. *Kotieläin* 3: 20.
- KUJALA, M., SCHNIER, C., NIEMI, J. & SOVERI, T. 2004. Occurrence of hoof diseases in dairy cattle in Finland. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 1.2.2005] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>](http://www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf) ss.45–47.
- LOHENOA, S. 2005. Keskituotos ylitti 8300 kiloa - ProTuotos -seurannan tulokset 2004. *Nauta* 3: 6–8.
- LYONS, D.T., FREEMAN, A.E. & KUCK, A.L. 1991. Genetics of health traits in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 74: 1092–1100.

- MAA- JA METSÄTALOUSTUOTTAJIEN KESKUSLIITTO 2004. MTK:n vuosikertomus 2004. Maa- ja metsätaloustuottajien keskusliiton julkaisuja n:o 168: 12. [Viitattu 15.11.2005] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.mtk.fi/mtk/julkaisut/vuosikertomukset/fi_FI/vuosikertomus2004/ >](http://www.mtk.fi/mtk/julkaisut/vuosikertomukset/fi_FI/vuosikertomus2004/).
- MANSKE, T. 2002. Hoof lesions and lameness in Swedish dairy cattle. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. [Viitattu 20.11.2004] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000081/01/Ram_Manske.pdf>](http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000081/01/Ram_Manske.pdf)
- MANSKE, T., HULTGREN, J. & BERGSTEN, C. 2002. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. Preventive Veterinary Medicine 54: 247–263.
- MANSON, F.J. & LEAVER, J.D. 1989. The effect of concentrate:silage ratio and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. Animal Production 49: 15–22
- MEIMANDI PARIZI, A. & ESKANDARI, A. 2004. Prevalence of lameness in dairy and beef cattle of Marvdasht area during the winter. Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. [Viitattu 16.1.2006] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>](http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf) ss.47–48.
- MEYER, K. 1989. Restricted maximum likelihood to estimate variance components for animal models with several random effects using a derivative-free algorithm. Genetics Selection Evolution 21: 317–340.
- NIELSEN, U.S., AAMAND, G.P. & MARK, T. 2000. National genetic evaluation of udder health and other health traits in Denmark. Interbull Bulletin 25: 143–151.
- OFFER, J.E., LEACH, K.A., BROCKLEHURST, S. & LOGUE D.N. 2003. Effect of forage type on claw horn lesions development on dairy heifers. The Veterinary Journal 165: 221–227.
- OJANGO, J.M.K. & POLLOT G.E. 2001. Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein-Friesian cattle on large-scale Kenyan farms. Journal of Animal Science 79: 1742–1750.
- RAL, G. 1999. Ben- och klövhälsa i avelsarbetet. Sveriges Landbruksuniversitet. Fakta Jordbruk nr5.
- RAL, G., STÅHLHAMMAR, E.-M. & PHILIPSSON. 1993. Studies on hoof disorders in Swedish dairy cattle breeds. Summary. 44th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Denmark. Session I. Breeding strategies for health and functional traits (with emphasis on cattle).
- RAUTALA, H. 1991. Tavoitteena terve karja. 3.painos. Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta. Vantaa. 203s.
- REURINK, A. & VAN ARENDONK, J. 1987. Relationships of claw disorders and claw measurements with efficiency of production in dairy cattle. Summary. 38th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Lisbon, Portugal. Commission on animal genetics. Session V: Short contributed papers.
- SMIT, H., VERBEEK, B., PETERSE, D.J., JANSEN, J., MCDANIEL, B.T. & POLITIEK, R.D. 1986. Genetic aspects of claw disorders, claw measurements and 'type' scores for feet in Friesian cattle. Livestock Production Science 15: 205–217.
- SNELL, E. J. 1964. A scaling procedure for ordered categorical data. Biometrics 20: 592–607.

- SOMERS, J.G.C.J., FRANKENA, K., NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N. & METZ, J.H.M. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of Dairy Science* 86: 2082–2093.
- SOMERS, J.G.C.J., SCHOUTEN, W.G.P., FRANKENA, K., NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N. & METZ, J.H.M. 2005. Development of claw traits in dairy cows kept on different floor systems. *Journal of Dairy Science* 88: 110–120.
- TOUSSAINT RAVEN, E. 1989. Cattle footcare and claw trimming. 3. painos. Farming Press Ltd, Ipswich. 128s.
- URIBE, H.A., KENNEDY, B.W., MARTIN, S.W. & KELTON, D.F. 1995. Genetic parameters for common health disorders of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 78: 421–430.
- VAN DORP, T.E., BOETTCHER, P. & SCHAEFFER, L.R. 2004. Genetics of locomotion. *Livestock Production Science* 90: 247–253.
- VAN DORP, T.E., DEKKERS, J.C.M., MARTIN, S. W. & NOORDHUIZEN. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2264–2270.
- VERMUNT, J. 2004. Herd lameness - a review, major causal factors, and guidelines for prevention and control. *Proceedings of 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants*. [Viitattu 17.1.2006] Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.ruminantlameness.com/end/proceedings2004.pdf>](http://www.muodossa.com/end/proceedings2004.pdf) ss.3–18.
- VILVA, V. 1998. Wsys-L-ohjelmisto. Kotieläintieteen laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki.
- WAAIJ, E.H. van der, HOLZHAUER, M., ELLEN, E., KAMPHUIS, C. & JONG, G. de. 2005. Genetic parameters for claw disorders in Dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *Journal of Dairy Science* 88: 3672–3678.
- WELLS, S.J., GARBER, L.P. & WAGNER, B.A. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 38: 11–24.
- ZWALD, N.R., WEIGEL, K.A., CHANG, Y.M., WELPER, R.D. & CLAY, J.S. 2004. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. Incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *Journal of Dairy Science* 87: 4287–4294.